This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

UC-NRLF
$B 33 355

A. Commelerán

TÉCNICA DEL DIBUJO

GUSTAVO GILI,— EDITOR
BARCELONA

GIFT OF
J.C.CEBRIAN

SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

TÉCNICA DEL DIBUJO

TÉCNICA
DEL DIBUJO

ó sea

descripción de los instrumentos que se emplean
en la práctica del dibujo, modo de usarlos
y explicación breve y sencilla de los procedimientos
más convenientes para facilitar su labor
á los dibujantes

por

D. Alberto Commelerán

Catedrático de Dibujo Geométrico
en la Escuela Superior de Artes é Industrias de Madrid

BARCELONA

GUSTAVO GILI, Editor
Calle de la Universidad, 45
MCMVIII

T315
C6

Es propiedad. Derechos reservados. Queda hecho el depósito que marca la Ley.

J. C. Cebrian

Imprenta Moderna de Guinart y Pujolar, Bruch, 63, Barcelona

TÉCNICA DEL DIBUJO

UNIV. OF CALIFORNIA

CAPÍTULO PRIMERO

Instrumentos y enseres más usuales

1. Lápiz de grafito.—Este sencillo y útil instrumento ocupa el primer lugar entre los que pueden considerarse de necesidad imprescindible en las artes. Teniendo lápiz, se puede dar forma gráfica al pensamiento y puede llegar por su medio á entenderse el que proyecta una obra con el que ha de realizarla.

La invención del lápiz que tan valiosos servicios presta á la industria y á las artes, es relativamente moderna, y la gloria que de ella pueda redundar se atribuye, por una parte, á Gaspar Faber, quien, en 1761, estableció la fabricación de lápices en Stein Nuremberg, y por otra, no falta quien sostiene con fundadas razones, que el lápiz de grafito, casi con el grado de perfección que hoy alcanza, fué inventado en Francia por N. J. Conté, célebre ingeniero químico, en el año 1794.

El tipo más corriente de lápiz, consiste en un cilindro de madera de cedro, de ocho milímetros de diámetro y 177 milímetros de largo. Siguiendo la dirección del eje, lleva embutida una barrita compuesta de grafito (1) y arcilla, cuya

(1) El grafito es un mineral formado de carbono casi puro, que tiene la propiedad de resistir á todos los medios de disolución conocidos. Se le distingue también con los nombres de plombagina y mina de plomo.

440830

pasta, sometida á la acción del calor, adquiere cohesión, y, lo que es más importante, el grado de dureza que á la clasificación del lápiz debe corresponder.

2. Un lápiz se considera de buena calidad cuando la barrita ó mina es homogénea y resistente con relación á su grado, y cuando la madera, que suele ser de cedro rojo, se corta con facilidad.

Según el grado de dureza, los lápices ordinarios de grafito se clasifican por números del uno al seis, ambos inclusive. Los que corresponden al número 6 son los más duros, los señalados con el n.° 1 los más blandos, y los números intermedios, 2, 3, 4, 5 indican el grado de dureza ó blandura propios de que participa cada agrupación según se aproxime á una de las designadas con los números 1 ó 6.

Así, los lápices clasificados con los números 3 y 4, términos medios de la serie, son los más á propósito para usarlos en delineación sobre papel, porque reúnen á la dureza suficiente para conservar largo tiempo la punta afilada, la cualidad de producir líneas bastante visibles, que, cuando es necesario, se borran fácilmente sin dejar huella.

Los lápices duros, principalmente del n.° 6, no deben usarse más que en circunstancias especiales, por ejemplo en la delineación sobre piedra litográfica ó sobre papel de superficie áspera encolado con exceso. En ningún caso debe el dibujante exagerar la presión para conseguir trazos negros, que los lápices de este número no pueden dar, porque entonces le resultarían tantos surcos grabados en el papel como líneas pretendiere trazar.

Con los lápices blandos del n.° 1, y aun con los del 2, ocurre lo contrario; la punta se desgasta con suma rapidez, la delineación resulta demasiado visible y tosca, y el tizne que sueltan los trazos se extiende como un velo por todo el dibujo, si no se toman las más exquisitas precauciones para evitarlo. Estos lápices blandos se emplean con éxito

y están indicados para tomar apuntes del natural ó también para calcar con papel transparente, cuando éste es demasiado liso ó satinado.

Los mencionados lápices pertenecen á la clase más usual, pero en el comercio se encuentran otros de fabricación más esmerada y de precio más elevado; tales son los que fabrica A. W. Faber con grafito de Siberia, y los de L. & C. Hardtmuth de Viena, titulados Koh-i-noor.

Unos y otros se asemejan en lo que toca á sus buenas cualidades, hallándose clasificados en 14 gradaciones los lápices de Faber y en 16 los que pertenecen á la marca Koh-i-noor.

3. Estas gradaciones se distinguen, en los productos de los dos fabricantes mencionados, por las letras *H*, *B* y *F*, empleadas en la forma que indica la siguiente tabla, en la que además pueden apreciarse las equivalencias que guardan con las clasificaciones antes expresadas por números, al tratar de los lápices de clase común ó corriente.

BBBBBB es el lápiz más intensamente negro y el más blando.
BBBBB es muy negro y blando.
BBBB es casi igual al clasificado con el n.° 1.
BBB se diferencia muy poco del que correspondería al n.° 1 $^1/_2$.
BB es casi igual al marcado con el n.° 2.
B se diferencia poco del que habría de corresponder al n.° 2 $^1/_2$.
HB equivaldría al que hubiera de marcarse con el 2 $^3/_4$.
F es casi igual al del n.° 3.
H equivale al que podría corresponder al n.° 3 $^1/_2$.
HH es casi igual al marcado con el n.° 4.
HHH equivale al que correspondería al n.° 4 $^1/_2$.
HHHH es casi igual al marcado con el número 5.
HHHHH equivale al que podría corresponder al n.° 5 $^1/_2$.
HHHHHH es casi igual al marcado con el n.° 6.

Las otras dos gradaciones en que exceden los lápices de marca Koh-i-noor á los de W. Faber, se clasifican respecti-

vamente con *7H* y *8H*, distinguiéndose los lápices que á ellas pertenecen por sù extraordinaria dureza.

Tanto los lápices ordinarios como los de clase superior, se fabrican también en barritas cilíndricas sin la envoltura de madera, para usarlas en sus correspondientes lapiceros ó portalápices que de varias formas se encuentran en el comercio.

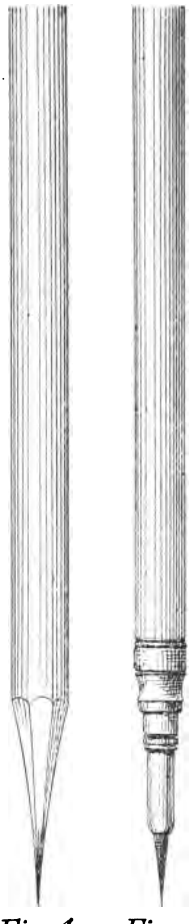


Fig. 1 *Fig. 2*

4. Para los trabajos de delineación de máquinas, arquitectura y topografía, es conveniente sacar al lápiz la punta más fina que sea posible, empleando en esta operación un cortaplumas bien afilado que corte la madera sin gran esfuerzo. La operación quedará terminada frotando la barrita sobre una lima fina ó sobre piedra asperón y también en un pedacito de papel de lija del n.° 0. La figura 1 indica cómo debe quedar afilado un lápiz para usarlo en delineación.

Cuando se emplean barritas sueltas para usarlas en el lapicero, según muestra la figura 2, no se necesita cortaplumas para afilar la punta, pues basta para el caso la piedra de asperón ó el papel de lija.

Las puntas de los lápices suelen romperse cuando se caen de la mesa de trabajo al suelo y también cuando se guardan en el bolsillo sin las debidas precauciones.

En el primer caso se evita el percance usando lápices de forma prismática, que ruedan por el tablero con más dificultad que los cilíndricos, y en el segundo, protegiendo la punta con una funda metálica, que con el nombre de guardapuntas se encuentra en el comercio de artículos de dibujo.

5. **Lápiz compuesto.**—Así se llama un lápiz semejante al anterior en su forma y disposición, aunque más grueso con respecto al diámetro de la barrita. Esta se compone de un aglomerado de negro de humo y otras substancias, que dan á los dibujos hechos con este lápiz el color negro mate característico del carbón.

También estos lápices se clasifican con arreglo á los números 1, 2, 3, que corresponden al grado de intensidad del tono y relativa dureza de la pasta. Según esto, se distinguen con el n.° 3 los lápices más blandos y negros, con el n.° 1 los más duros y por oonsiguiente menos negros, y con el n.° 2 los que por término medio participan de las cualidades de los números 1 y 3. Conviene observar que la serie de números que sirve para designar los distintos grados ó clasificaciones en los lápices de grafito, sigue el orden inverso respecto á la que se emplea para distinguir cada uno de los tres grados en que se hallan clasificados los lápices llamados compuestos.

Se emplea el lápiz compuesto, principalmente en el dibujo de ornamentación y figura (copia del yeso). La mancha de claro-obscuro producida con este lápiz se extiende, obscurece y aclara sobre el papel mediante la intervención del difumino, instrumento formado unas veces de un trozo de piel de gamuza enrollado como los cigarros, terminando en punta por cada extremo, y otras con papel de color gris, áspero y poco encolado. Los llamados tortillones son difuminos de menor tamaño con una sola punta.

6. Con el título de «The negro pencil» se conoce una clase de lápiz muy semejante á la del compuesto, pero cuyas diferencias esenciales conviene distinguir.

Así como la barrita del lápiz compuesto al rozar con el papel se deshace en polvo adherente, en esta otra clase de lápiz no sucede lo mismo, porque la barrita es de contextura pastosa muy semejante á la que se advierte en el lápiz litográ-

fico (1). Así es que las manchas producidas por este lápiz no pueden extenderse con el difumino y son difíciles de quitar del papel aun empleando la goma de borrar lápiz, razón por la cual sólo se usa el lápiz de referencia para retocar dibujos ó también en apuntes tomados del natural, donde se emplea sin intervención del difumino, y en algún otro caso especial.

En estos lápices «The negro pencil» la clasificación en grados se hace mediante los números 1, 2, 3, 4 y 5, correspondiendo al n.º 1 los lápices más negros y blandos, y al 5, los más duros y por consiguiente menos negros. Los que corresponden á grados intermedios, participan de las respectivas cualidades del 1 ó del 5, según se aproximen á uno de los dos.

7. **Carboncillo.**—Se da este nombre á unas barritas de madera carbonizada del grueso de un lápiz y de 145 milímetros de largo. Los trazos de carboncillo tienen la propiedad de poderse borrar con suma facilidad; basta sacudir con un lienzo, y á veces el más ligero roce, para borrar ó atenuar un trazado de carbón. Esto, que á primera vista parece un defecto, es una buena cualidad, pues á ella se debe el que los pintores lo usen con preferencia al lápiz, para encajar y bosquejar las composiciones de sus cuadros, en las que las correcciones y arrepentimientos tienen camino expedito gracias á la facilidad con que se borran los trazados de carboncillo.

8. Donde principalmente se aprecian las buenas cualidades del carboncillo, es en la aplicación que de él se hace para producir dibujos sobre papel. Estos dibujos, cuando el arte los inspira, se distinguen por la sencillez, espontaneidad y frescura á que el procedimiento se presta. La mancha de

(1) En la composición del lápiz litográfico entran, además del negro de humo, sebo, cera de abejas, jabón y goma laca.

carbón con la que han de formarse los obscuros y medias tintas, se extiende sobre el papel con los dedos ó también con una muñequilla de algodón en rama cuando se trata de obtener fondos de medias tintas compactas.

Los efectos de claro brillante se obtienen fácilmente tocando con miga de pan tierno, á la que en el momento oportuno se le da con los dedos, amasándola, la forma más conveniente para los efectos que hayan de producirse. Los obscuros intensos se consiguen directamente con el carbón, á cuyo efecto se encuentran en el comercio carboncillos preparados y clasificados según el grado de intensidad de su tonalidad negra, con el número 1 el más negro y con el 2 el menos negro.

De lo expuesto se deduce, que la técnica relacionada con el dibujo al carbón es de lo más sencillo que se conoce; equivale casi á dibujar con la voluntad. Por eso este procedimiento es el que prefieren los artistas, cuando, en un momento dado, quieren darse cuenta de sus impresiones, evitando prolijas tramitaciones de factura, que distraen la fantasía, cuando no coartan el vuelo á la inspiración.

9. **Fijadores.**—Ahora bien, lo deleznable de estos dibujos sería motivo para pensar en el abandono del procedimiento, si no se hubiera acudido á remediar esta deficiencia fijando sobre el papel los obscuros y medias tintas de modo tal, que ni el roce de unos dibujos con otros pueda empañar su limpieza, ni aun mediante la goma de borrar lápiz se pueda desarraigar la más leve media tinta. Este resultado se consigue con el empleo de un líquido especial llamado *fijativo,* el cual se distribuye por igual sobre la superficie del dibujo con un aparato pulverizador al que se da el nombre de *fijador*.

El fijativo es un barniz cuya base es el alcohol, por lo cual se seca rápidamente; además, las resinas y gomas que lo componen, son de aquellas que por su naturaleza reúnen

las condiciones necesarias para conservarlo claro é inalterable á cualquier influencia que pudiera obscurecerlo, produciendo manchas en el dibujo.

El fijador (fig. 3), en su forma más sencilla, consiste en dos tubos metálicos de tal modo dispuestos, que el orificio de cada uno por su parte más estrecha coincide con el vértice

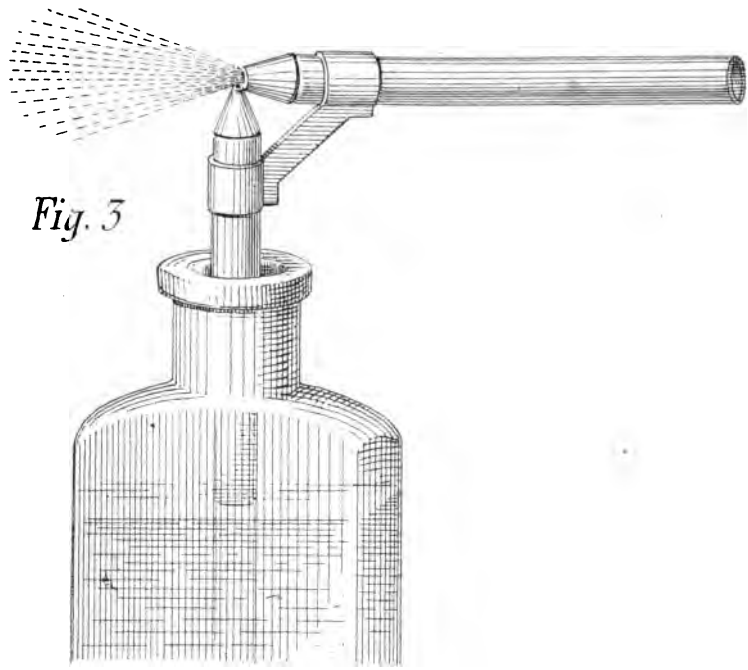


Fig. 3

del ángulo recto que forman dichos tubos en el momento de funcionar. Cuando ha de utilizarse el fijador, se introduce el tubo más largo en el frasco que contiene el fijativo y, haciendo puntería al dibujo desde una distancia que puede calcularse en un metro como máximum, ó 60 cm. como mínimum, se sopla por el tubo corto, acompañando la acción de soplar con cierto movimiento de cabeza, á fin de que la nube de pequeñas partículas de barniz que sale por el extremo del tubo vertical, se distribuya por igual sobre la superficie

del dibujo. En esta operación debe procederse con tino, no empleando más cantidad de líquido que el absolutamente necesario para conseguir la adherencia del polvo de carbón á la superficie del papel, pues en el caso de que alguna parte del dibujo no quedase bien fijada, siempre habrá tiempo de someterla á una nueva pulverización.

Los dibujos hechos con lápiz de grafito ó con lápiz compuesto que se tengan en algún aprecio, también deben fijarse siguiendo las instrucciones anteriormente expuestas.

El aparato fijador y el líquido fijativo se pueden adquirir en los comercios de artículos de dibujo; pero el que quiera prepararse el fijativo, puede valerse de la siguiente fórmula, en la seguridad de que obtendrá satisfactorios resultados.

A	Resina copal	2 gramos
	Alcohol de 90°	4 c. c.
	Esencia de trementina. . . .	6 c. c.
	Éter sulfúrico.	2 c. c.
B	Goma laca blanqueada . . .	2 gramos
	Alcohol de 90°.	240 c. c.

Se disuelve por separado la goma laca en el alcohol (solución B). Por otra parte se pone á macerar durante doce horas la resina copal en el alcohol (solución A); pasado este tiempo, cuando la maceración presenta aspecto lechoso, se añade la esencia de trementina y después el éter, colocando el frasco durante quince minutos en un baño de arena cuya temperatura no pase de 50°.

Por último, sobre la solución A se irá añadiendo poco á poco la B, que se habrá calentado á 50°, agitando el frasco á cada adición. Después se deja en reposo y, pasadas veinticuatro horas, resulta el líquido clarificado, dejando en el fondo del frasco un poco de sedimento insoluble, del cual se separa por decantación. Desde este momento queda hecho el fijativo en disposición de usarse.

10. Goma para borrar trazados de lápiz.—Sabido es que antes de pasar á delinear un dibujo en tinta, se bosqueja y termina en lápiz, dejándolo en tal estado, que no ofrezca la menor dificultad su trazado en tinta, y claro está que todas las variaciones y correcciones se hacen al tiempo de trazar de lápiz, valiéndose de miga de pan para borrar las líneas defectuosas; pero no siempre se tiene á mano un panecillo en buenas condiciones, es decir, tierno, para dedicarlo á este uso, y he aquí cómo la goma de borrar lápiz ha venido á suplir los buenos oficios de la miga de pan.

Consiste dicha goma en una pastilla rectangular de color gris claro y de contextura blanda y flexible; en su composición entran diversas substancias, siendo la principal de ellas el caucho, que también se llamó en un principio *goma elástica.*

La buena goma de borrar lápiz ha de ser blanda, no debe producir ruido al usarla, ni menos manchar el papel. Será suficiente pasarla ligeramente sobre la parte del dibujo que haya de borrarse, para que desaparezca hasta la menor huella de lápiz. Ha de tenerse presente que los esfuerzos empleados para borrar con brío, creyendo hacerlo mejor, no dan otro resultado que arrugar el papel con la violencia del roce y desgastar la goma sin provecho.

11. Goma para borrar trazados de tinta.—Tiene el aspecto de la de borrar lápiz, pero se diferencia de ella por su mayor dureza y poca flexibilidad. En su composición, además del caucho, entra el vidrio finamente pulverizado; por eso al frotar con ella los trazos de tinta que han de borrarse produce el mismo efecto que si se empleara una lima finísima adaptable á la superficie del papel.

Antes de que se generalizara el uso de esta goma, se empleaba en su lugar, además del raspador, el jibión, que es la parte esponjosa del hueso de la jibia, con el cual, frotando, se desgasta el papel muy lentamente y se borran los

trazos defectuosos de tinta á costa de un regular consumo de los tales jibiones.

De lo expuesto se saca en consecuencia que la acción de la goma de borrar tinta, no es química, como algunos pudieran creer, sino puramente mecánica, puesto que consiste en el desgaste que sufre el papel, para que los trazos ó manchas de tinta vayan desapareciendo con la lentitud que la buena marcha de la operación requiere. Basta, para convencerse de ello, examinar al trasluz el papel por la parte que ha sufrido la acción de la goma y se notará en ella más transparencia que en el resto, la cual transparencia se ha producido por el adelgazamiento del papel en la parte borrada.

No todos los papeles resisten la acción de la goma de borrar tinta; muchos, aun los de clase superior, si no están suficientemente encolados, se desuellan, substituyendo al satinado una nueva superficie filamentosa, sobre la cual se hace imposible todo retoque posterior, á causa de correrse la tinta.

Entre los papeles que resisten sin deterioro la acción de la citada goma, merecen citarse el Watman, el Canson, algunas clases de papel Ribes de las marcas destinadas á delineación y lavado, y todo el papel de tina que se fabrica en España, principalmente el que procede de las acreditadas fábricas de Guarro y de Serra.

Á pesar de lo expuesto respecto á los buenos oficios de la goma de borrar tinta, creo un deber el aconsejar, sobre todo á los principiantes, que se abstengan del abuso de ella y que dibujen como si tal remedio no existiera, recurriendo á él solamente en caso extremo, es decir, cuando se trate de aprovechar trabajos de alguna consideración y no haya otro medio más que el remiendo mediante el empleo de la goma. En labores gráficas, lo prudente es prevenir para no tener que remediar.

12. Papeles propios para dibujar.—La elección de

papel es de suma trascendencia para los resultados que el dibujante pueda prometerse en sus obras. Un papel mal elegido para cada caso particular, puede malograr la obra mejor pensada, causando trastornos y á veces perjuicios que no siempre es posible reparar.

En la actualidad hay abundancia de papeles, buenos, medianos y malos. Uno de los defectos más difíciles de adivinar en estos últimos, es el que poseen de perder gradualmente su blancura por la acción continua de la luz, llegando á tomar con el tiempo un tono de hoja seca, que empaña los primores del dibujo ó acuarela que á su blancura se confiaron en un principio. Por eso, el trabajo que en algo se estima ó la obra que haya de conservarse por tiempo indefinido, no debe hacerse en ningún caso más que en papeles de procedencia conocida por el crédito de sus marcas.

13. Papel para delineación en tinta. — Debe ser grueso, resistente, bien encolado, de superficie lisa y de pasta homogénea, para que en caso de tener necesidad de corregir algún trazado de tinta, sufra sin menoscabo el desgaste consiguiente á la acción de la goma de borrar. El papel mal encolado, aunque sea de buena calidad, se desuella con el uso de la goma de borrar tinta y aun con la de borrar lápiz en ocasiones, siendo lo más sensible que sobre la parte borrada no se puede dibujar con la debida limpieza á causa del gran número de pequeñas fibras que, procedentes de la pasta del papel, se levantan en la desolladura.

Son papeles recomendables para la delineación en tinta los de Serra, Guarro, Canson, Ribes y Watman.

14. Papeles para acuarela ó lavado.—Los más á propósito son blancos, gruesos, suficientemente encolados, de superficie más ó menos granulada y de pasta selecta y

homogénea (1). Es necesario que estos papeles sean muy resistentes, porque han de sufrir, sin perder sus buenas cualidades, la acción repetida del agua, unas veces por medio del pincel y otras al pegar el papel en el tablero y al rebajar tonos con la esponja.

En los papeles mal encolados, las aguadas resultan manchadas y los fondos desiguales. Esta deficiencia del papel puede remediarse en muchos casos pasando por la superficie del mismo una esponja empapada en agua de alumbre al 10 por 100 y dejándole secar. Esta operación puede repetirse en el caso de que la primera no diese el resultado apetecido.

15. Papeles para dibujar al lápiz y al carbón.—Para tomar apuntes del natural (paisaje, ornamentación, etc.), suele emplearse papel de grano muy fino, ligeramente encolado y que pueda resistir la acción de la goma de borrar lápiz, puesto que en este caso no suele emplearse otro que el de grafito.

Para dibujos al carbón, lo mismo que para aquellos que se hacen con lápiz compuesto y difumino, es necesario papel de mayor resistencia, puesto que ha de sufrir el roce continuo del difumino y de la goma. Los papeles de las marcas Ingres, Canson y Watman, son los más indicados en este caso.

16. Tablero para dibujar.—El tablero de dibujo se construye de madera seca (generalmente de pino), de fibra lo más igual posible y exenta de nudos. La cara donde se coloca el papel debe ser perfectamente plana y estar bien cepillada.

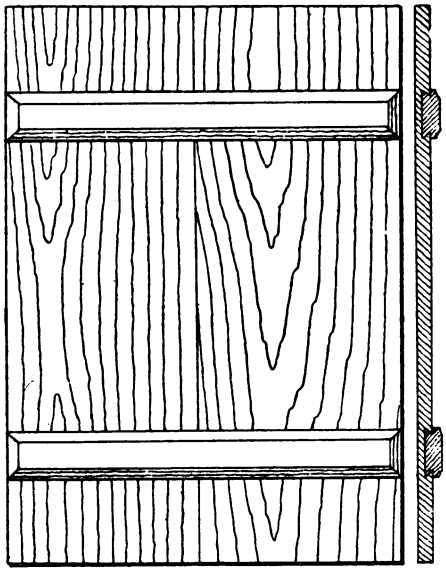
Para evitar alabeos y otras deformaciones que suelen producirse en los tableros por causa de la humedad á que

(1) En la fabricación de los buenos papeles de acuarela se emplean como primera materia suelas de alpargatas usadas.

están expuestos cuando se utilizan para trabajos de acuarela ó lavado, se emplean barrotes ó cabeceros.

Son los barrotes (fig. 4) dos listones fuertes que van ensamblados á lo ancho del tablero, en dirección perpendicular á la que siguen las fibras de la madera en éste. El ensamble se forma á caja y espiga de cola de milano,

Fig. 4



labrándose las cajas en el tablero y cada una de las espigas á lo largo del respectivo barrote.

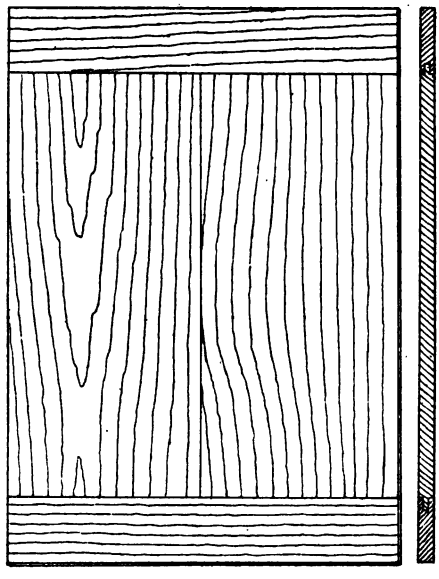
Los cabeceros (fig. 5) son dos piezas de madera de igual grueso que el tablero, ensamblados á caja y espiga con ranuras en los costados respectivos de aquéllos, que siguen también dirección perpendicular á la de la fibra.

Entre un tablero abarrotado y otro cabeceado es preferible el primero, entre otras cosas, porque permite repasarlo con el cepillo en caso de necesidad, mientras que en el cabeceado no se puede verificar muchas veces esta operación sin peligro de que el desgaste consiguiente de los cabeceros los

debilite á tal punto, que no puedan contrarrestar las tendencias al alabeo, si las hubiere.

Cuando un tablero es nuevo y la madera empleada en su construcción no está muy seca, no debe utilizarse pegando papel por mucho tiempo. Á veces basta un mes para que durante este tiempo la madera se contraiga de tal

Fig. 5



modo, que el papel que en un principio quedó estirado, se encuentre después hecho una bolsa, siendo preciso, para continuar el trabajo, levantar el papel, humedecerlo de nuevo y volverlo á pegar para que se estire por segunda vez. Esta es una operación enojosa y llena de riesgos para el dibujo, sobre todo, cuando se ha empezado á lavar ó delinear; por eso, para trabajos de cierta importancia, conviene emplear un tablero de madera seca y por tanto asegurada contra movimientos de contracción.

17. Los tableros para dibujo se encuentran en el comer-

cio construídos de varias dimensiones que corresponden con las de los papeles, desde 50 por 35 centímetros en adelante. Cuando las dimensiones pasan de 112 por 80 centímetros, acompañan al tablero dos banquillos ó asnillas (fig. 6) sobre las que se coloca formando mesa. Algunos de estos banquillos se construyen en condiciones de poder graduar la altura y aun la inclinación del tablero; pero sucede con estas mesas, que á medida que se va complicando el mecanismo para proporcionar comodidades, van perdiendo la estabilidad

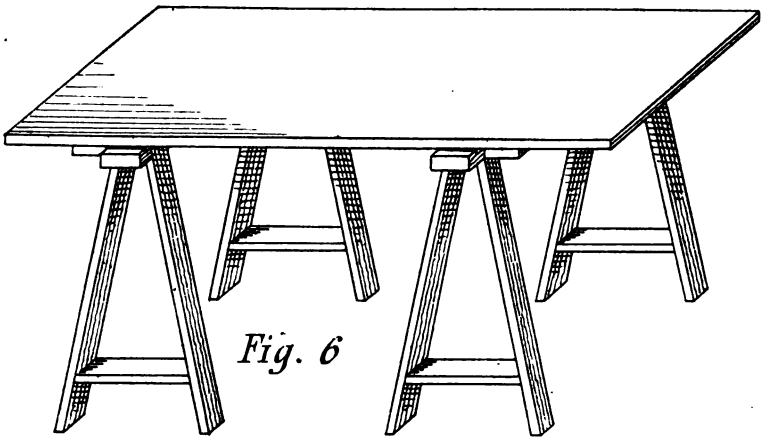


Fig. 6

y otras buenas cualidades propias del uso á que están destinadas, aparte de que su manejo entretiene demasiado tiempo.

Teniendo esto en cuenta (y resolviendo el problema de una vez), se han ideado, y en la actualidad se construyen, mesas para dibujar, en las cuales el tablero puede tomar con suma facilidad y sin perjuicio de una estabilidad absoluta todas las posiciones comprendidas entre la horizontal y la vertical, así como también puede graduarse la altura según la conveniencia del que ha de utilizarlas (1). Además, van pro-

(1) Estas mesas no tienen más inconveniente que su elevado precio, consecuencia natural de la poca demanda que de ellas se hace. El autor puede citar dos modelos que difieren poco en cuanto á sus aplicaciones. *La «Perfecta» mesa de dibujo* y *la mesa para dibujo, patente Weyermann;* ambas de procedencia norteamericana.

vistas de un mecanismo para trazar rectas paralelas en dirección á cada uno de los ejes perpendiculares del dibujo, mecanismo que va implantado alrededor del tablero ó en la parte posterior del mismo.

18. Pegado del papel sobre el tablero.—Esta operación es de absoluta necesidad para mantener el papel terso y tirante sobre el tablero mientras se trabaja con el pincel extendiendo aguadas en toda la superficie ocupada por el dibujo.

La manera más sencilla y práctica de pegar el papel consiste: 1.° En mojar con una esponja toda la cara que ha de contener el dibujo, con la mayor igualdad, empleando en esta operación de cinco á ocho minutos, tiempo suficiente para que el papel se ablande. 2.° Volviendo el papel por la otra cara, se procederá en el menor tiempo posible á extender junto á los bordes del papel una cinta de cola cuyo ancho sea de un centímetro ó centímetro y medio, valiéndose de una brochita de pelo fuerte. 3.° Se dará otra vuelta al papel, sentándole bien extendido sobre el tablero en el sitio que ha de ocupar, favoreciendo con ligera presión de los dedos la perfecta adherencia de los bordes encolados, allí donde se levanten fallos. Procúrese á toda costa que en el momento de pegar el papel no haya alguna gota de cola en el resto del tablero que ha de cubrirse con aquél.

Una vez pegado, terminada la operación, se atenderá por una parte á mantener húmeda la superficie del papel, sin tocar con la esponja encima de la encoladura, y por otra, á vigilar la marcha de esta operación, para dejar de humedecer cuando la cola ha empezado á secar y queda por consiguiente el papel asegurado para resistir la contracción originada por la lenta evaporación de la humedad. Esta evaporación debe ser natural, no hay que acelerarla, como suele hacerse, para ganar tiempo, arrimando el tablero á un calorífero, en invierno, ó exponiéndole al sol, en verano,

porque entonces, al secarse rápidamente el papel, se rompe, avisando con un ligero estallido cuando menos se piensa en ello.

Fig. 7

19. La cola que ha de emplearse en esta operación debe ser espesa, adherente y secante, pudiéndola usar en frío para mayor comodidad. Entre las varias clases de colas que reúnen las citadas condiciones, se recomienda la llamada *Sindeticon,* que se expende en el comercio envasada en cápsulas de estaño.

Con la siguiente fórmula se obtiene una cola muy apropiada al caso y que, además, se conserva indefinidamente:

Goma arábiga	10 gramos
Azúcar	2 »
Agua hirviendo.	30 c. c.

Una vez disuelta la goma y el azúcar en el agua, se le añaden dos centímetros cúbicos de alcohol de 90°.

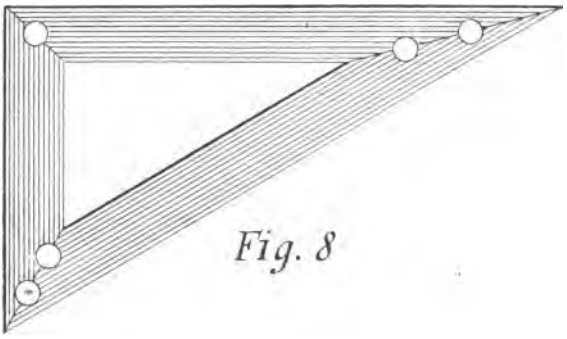


Fig. 8

20. Regla, cartabón y escuadra.—Estos instrumentos, que se emplean para el trazado de rectas, oblicuas, perpen-

diculares y paralelas, deben ser construídos con el mayor esmero (1). Generalmente, se hacen de madera seca y compacta, como el peral, aunque en los mejores es substituída la madera por el celuloide ó la ebonita.

En todas las clases y tamaños, el grueso, tanto de la regla como del cartabón y de la escuadra, no debe pasar de dos milímetros, para conseguir suficiente flexibilidad en la adaptación á la superficie donde se dibuja.

La forma más corriente que se da á la regla es la

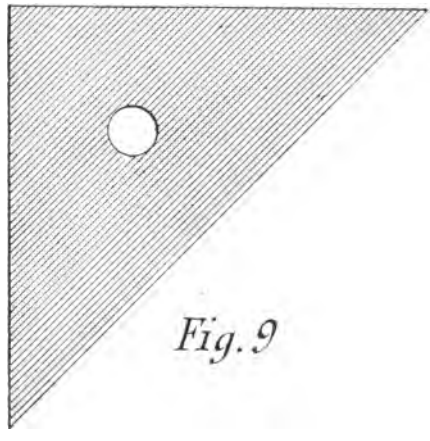


Fig. 9

de una banda más ó menos larga, de 45 á 55 milímetros de ancha y con el grueso antes indicado (fig. 7).

El cartabón y la escuadra, á los que también se les da el nombre de plantillas, tienen la forma de triángulo rectángulo, distinguiéndose el primero (fig. 8), en que los lados del ángulo recto son desiguales, mientras que en la segunda (fig. 9) estos mismos lados son iguales.

Para evitar deformaciones en las plantillas de madera, se construyen de tres piezas ensambladas á inglete, tal como indica la figura 8.

(1) Las reglas, escuadras y cartabones de Martín, construídas en Madrid, gozan de fama universal, justamente adquirida por la bondad de las primeras materias empleadas y la perfección en la mano de obra.

El cartabón ó la escuadra solos, sirven para el trazado de perpendiculares, puesto que dos de sus lados lo son, por formar ángulo recto. Además, cuando uno de los ángulos agudos del cartabón mide 60°, se emplea (fig. 10) para construir exágonos regulares. La escuadra, por medir sus

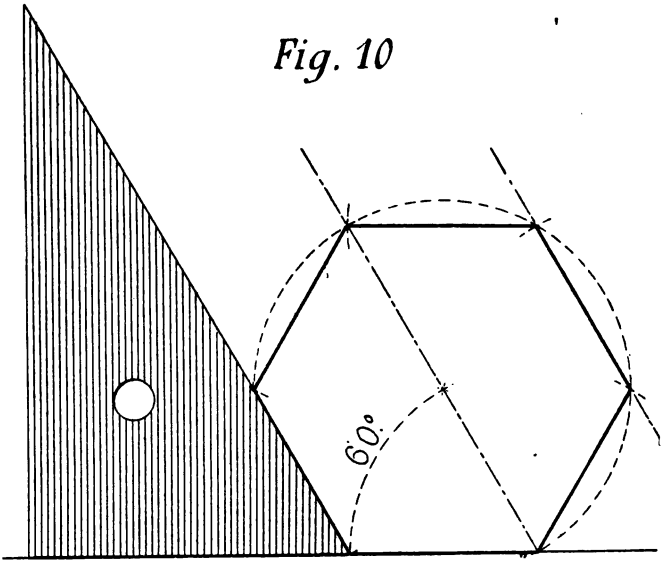


Fig. 10

ángulos agudos 45°, también se usa para el trazado de octógonos regulares, así como para el de líneas de 45°, que tanto abundan en la determinación de sombras y perspectiva caballera.

21. El cartabón ó la escuadra, combinados con la regla, facilitan el medio de trazar líneas paralelas en gran número y á poca costa. Para ello, suponiendo (fig. 11) que por los puntos *m*, *n*, *r*, se desean trazar otras tantas paralelas á la recta *a b*, se colocará el cartabón alineado por su cateto mayor según la recta *a b*, á su cateto menor se ajustará la regla y, manteniendo ésta fija con la mano izquierda, se deslizará el cartabón á lo largo de la regla sin perder el

contacto con ella, hasta encontrar los puntos *m*, *n*, *r*, con los cuales debe coincidir el lado mayor del cartabón en el

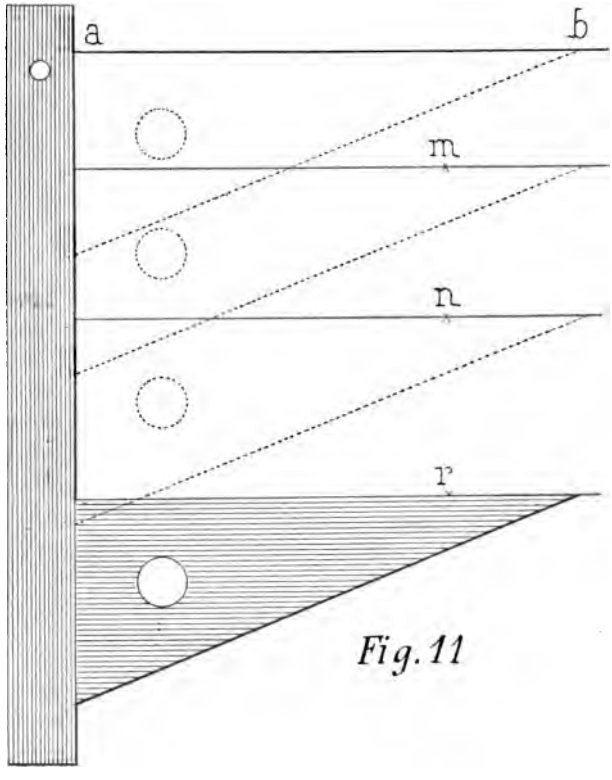
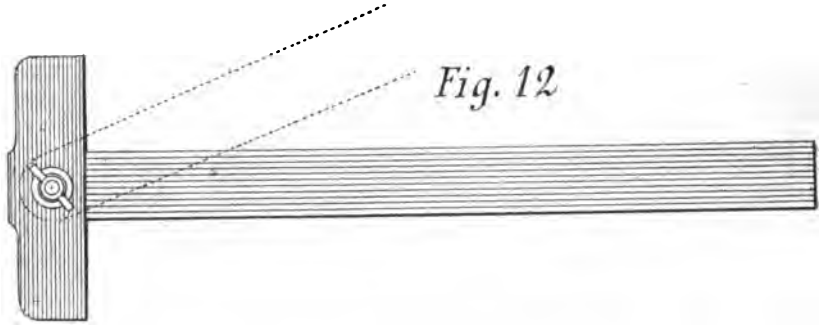


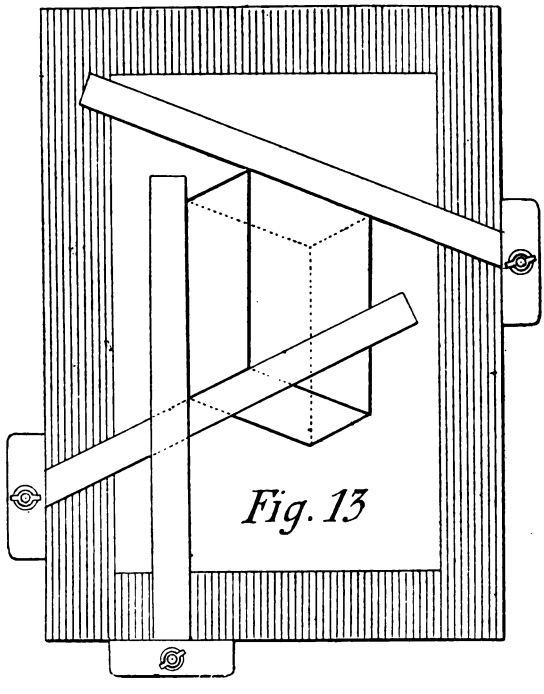
Fig. 11

momento de trazar sucesivamente las rectas, que, pasando por *m*, *n*, *r*, serán paralelas, siempre que la regla directriz haya permanecido fija en su posición durante la maniobra.

22. Cuando las paralelas que hayan de trazarse son de tal longitud que el cartabón no alcance á ellas, se emplea la regla de *te* ó *muletilla*. Esta consiste en una regla ordinaria que lleva en uno de sus extremos (fig. 12) un travesaño sujeto por un tornillo, mediante el cual puede tomar la regla, respecto del travesaño, tanto la posición perpendicu-

lar, como cualquiera de las oblicuas que fueren menester, fijando dicha posición por medio de una tuerca de orejas de que el tornillo va provisto.





La manera de servirse de la regla de *te* para el trazado de paralelas es muy sencilla. Se coloca (fig. 13) el travesaño ó muleta acoplada á uno de los bordes del tablero, se ajusta la regla á la dirección en que han de trazarse las paralelas, se fija en esta posición, ajustando el tornillo, y ya se tiene

el instrumento en disposición de trazar dichas paralelas, siempre que la muleta se adapte al lado elegido del tablero.

En los trazados que se componen de series de paralelas distribuídas en varias direcciones, como sucede en la representación axonométrica, se gana tiempo y facilidades empleando tantas reglas de *te*, cuantas son las direcciones de los ejes. Basta examinar la figura 13 para convencerse de la bondad del procedimiento.

23. La conservación en buen estado de las plantillas de madera, exige resguardarlas del excesivo calor y de la

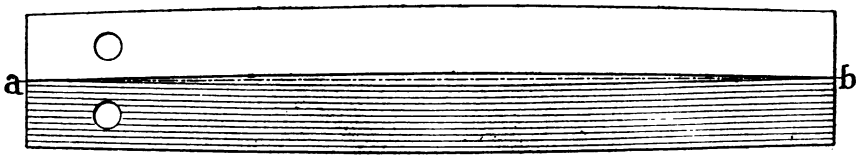


Fig. 14

humedad, cuyos efectos producen alabeos y deformaciones que afectan á la perpendicularidad de los catetos, convirtiendo la escuadra y el cartabón en instrumentos inútiles. En la regla, aun son más lamentables las consecuencias indicadas.

Cuando por defecto de construcción ó por cualquiera de las causas que se han puntualizado, se sospecha que las plantillas ó la regla han perdido su forma normal, puede comprobarse tal sospecha muy sencillamente.

Para comprobar la rectitud de la regla (fig. 14), se trazará una linea *a b* todo lo larga que permita la longitud de la regla, y volviendo ésta del otro lado, en posición simétrica, sin perder el contacto con los puntos *a* y *b*, se trazará otra línea. De esta operación resultará, que si la regla no está deformada, la primera línea se confundirá con la segunda, por aquello de que por dos puntos no puede pasar más que una sola recta. En caso contrario, según

se ve en la figura 14, las dos líneas trazadas con la regla deformada no coincidirán, quedando patente su inutilidad.

Para enterarse de la buena ó mala construcción del cartabón, lo mismo que de la escuadra, se coloca la plantilla sospechosa, cualquiera que sea, junto á la regla en la forma que indica la figura 15, y trazando por el punto *N* la linea *N P*, y desde el mismo punto *N*, la *N P'* simétrica de la anterior, después de volver la escuadra al lado contrario, se notará que si el ángulo en *N* de la plantilla ha de ser recto, las rectas *N P* y *N P'* han de coincidir en una

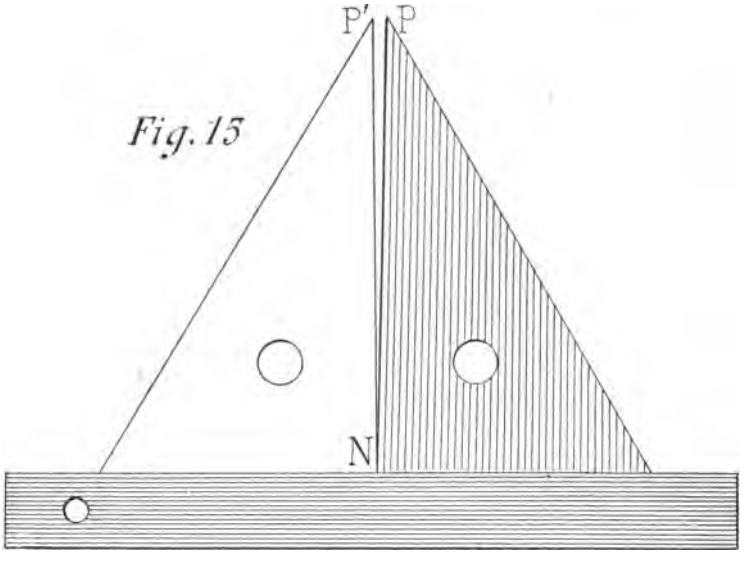


Fig. 15

sola; porque sabido es, que por un punto de una recta no pueden trazarse dos perpendiculares. Por consiguiente, si acoplando el cartabón ó la escuadra á la regla simétricamente, pudieran desde el punto *N* trazarse (según la figura 15) dos rectas, éstas serán necesariamente oblicuas y quedará demostrado que tal escuadra ó cartabón es inservible por no ser recto el ángulo formado por sus catetos.

Los defectos por falta de rectitud y perpendicularidad

pueden corregirse dando las plantillas, si son de madera, á un buen carpintero, para que las repase con la garlopa.

Cuando las plantillas se han usado mucho tiempo seguido, suelen cubrirse de mugre, que van dejando sobre el papel por el continuado roce, con grave perjuicio de la limpieza del dibujo. Para evitar este contratiempo, las plantillas se limpian en seco, cuando son de madera, sujetándolas de plano sobre el tablero y frotándolas en toda su extensión con varios papeles fuertes de grano, hasta que toda la mugre de las plantillas haya pasado á los papeles, quedando aquéllas, además de limpias, bruñidas.

Cuando las plantillas son de caucho, ebonita ó celuloide, se lavan con agua de jabón ó mejor con agua mezclada de amoníaco en la proporción de diez gramos de amoníaco por cien de agua.

24. Plantillas para trazar curvas. — El trazado de curvas, en determinados casos, requiere el uso de plantillas especiales. Por ejemplo, cuando se han de trazar mediante el tiralíneas varias elipses iguales ó también contornos cicloidales, epicicloidales y evolventes, propios de engranajes, etc.; y en general, toda curva cuya exactitud y limpieza sean condiciones necesarias é indispensables en el dibujo, se trazará mediante plantillas hechas á la medida. Estas plantillas debe construirlas en cada caso y con arreglo á las necesidades del momento, el mismo dibujante.

Entre los materiales que pueden utilizarse, figuran como más indicados la madera, el zinc en plancha y la cartulina. Para construir las de madera, se aprovecha la de los cartabones ó reglas de desecho, dibujando por una de sus caras la curva: con una sierrecita de calar se corta, siguiendo el curso de dicha línea sin meterse en ella; luego se desbastan con una lima las desigualdades producidas por la sierra, de modo que el contorno ó perfil así obtenido quede limitado

por la misma línea, y por último se pule dicho canto con papel de lija muy fino.

Para formar plantillas de zinc, se toma el trozo de plancha necesario, de un grueso, cuando más, de medio milímetro, se le pega por una de sus caras un papel con la curva dibujada, y, siguiendo dicha curva, se recorta el zinc á tijera, se repasa el borde con una lima fina y por la otra cara se le pega un papel grueso al que falte para llegar al perfil de la curva uno ó dos milímetros. Este forrado del zinc tiene por objeto dar mayor consistencia á la plantilla y evitar que se manche el dibujo con el roce de la misma, si el zinc se halla al descubierto.

Las plantillas de cartulina, se recortan á tijera con gran primor y exactitud, siguiendo la línea previamente dibujada en una de sus caras, y por el canto recortado se pasa el

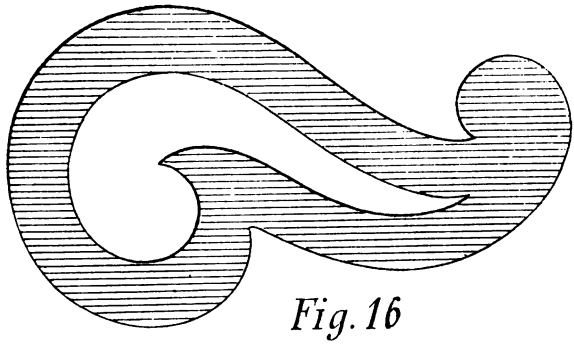


Fig. 16

consabido papel de lija fino, para hacer desaparecer las desigualdades que pudiera haber dejado la tijera. Estas plantillas, por la prontitud con que se obtienen, son preferibles á las de madera ó zinc, pero presentan la dificultad del lijado del canto, cuando la cartulina no es suficientemente dura para impedir que se levante greña con el uso de la lija por fina que ésta sea.

En el comercio de objetos de dibujo se venden, construídas de madera, diferentes formas de plantillas para el trazado de curvas.

La manera de utilizarlas ofrece bastantes dificultades, puesto que, para obtener una curva, de ordinario se necesita considerarla fraccionada en tantos segmentos como curvas aprovechables para su adaptación se encuentran en la plantilla. Claro está, que este trabajo, sin más ley ni guía que la casualidad, se hace tan enojoso y difícil que es preferible en la mayor parte de las ocasiones trazar á pulso dichas curvas. En la figura 16 puede verse una de tantas plantillas de las que se venden hechas.

Además de las citadas, se construyen también plantillas para trazar arcos de circunferencia dispuestas en series según la longitud del radio y según la escala del dibujo donde hayan de emplearse.

25. **Tinta de China.**—Es la que por sus especiales condiciones se emplea exclusivamente en dibujo. No suele oxidar los tiralíneas ni ataca la contextura del papel, y además se conservan los dibujos hechos con ella inalterables á la acción del tiempo y de la luz.

La tinta de China se encuentra en el comercio líquida y en barras; pero la que prefieren los buenos dibujantes es la de barra, puesto que permite al desleirla en agua darle el temple más conveniente en cada caso. La tinta líquida se emplea cuando el primor de la obra es condición secundaria y hay que ganar el tiempo que se emplea en preparar la tinta de barra.

En la composición de la tinta de China entra el negro de humo obtenido por la combustión del aceite de colza, barniz y grasa de cerdo. Añadiéndole una mezcla de cola y jugos vegetales, se forma una pasta homogénea después de trabajarla con mazas de acero en recipientes de madera; luego que se le da forma en moldes, donde hay grabados caracteres chinos y adornos, se ponen á secar las barras, operación en la que se invierten lo menos veinte días, y por último se doran, quedando ya dispuestas para la venta.

El matiz pardo que se nota en algunas clases de tinta, es debido á la adición de una pequeña cantidad de oro en panes.

26. En la fabricación de la tinta de China líquida entran los mismos ingredientes que en la sólida, desleídos en agua, pero se cuida de dar al líquido tal grado de consistencia ó densidad, que permita mantener en suspensión las partículas de negro de humo, que en un líquido poco denso formarían sedimento en el fondo del frasco ó tintero.

La tinta líquida se descompone fácilmente, y para preservarla de la descomposición, se le añade una pequeña cantidad de formol que puede calcularse en cinco gotas por cada cien centímetros cúbicos de tinta líquida, con lo cual la tinta, una vez seca, resulta insoluble en agua.

27. Preparación de la tinta para dibujar.—En un platillo de porcelana de 60 á 75 milímetros de diámetro se echan tres ó cuatro gotas de agua clara, se apoya la barra de tinta en dirección perpendicular al fondo del platillo y se frota sobre él, dando repetidas vueltas, hasta que el agua quede tan saturada de tinta (lo cual sucede muy pronto) que la huella que deja la barra sobre el fondo del platillo se destaque en blanco. En este momento se añaden otras cinco ó seis gotas de agua y se repite la operación, añadiendo agua, poco á poco, cuantas veces sea necesario, hasta obtener la cantidad precisa para el trabajo del día. Concluída la operación, debe secarse minuciosamente, con un papel, el extremo de la barra, pues de no tener este cuidado, se sigue el que la barra se agriete y se deshaga en pequeños fragmentos.

Se conocerá que la tinta está hecha en su punto cuando, inclinando hacia un lado el platillo, deje, al correrse la tinta, bien cubierto de negro el fondo del mismo. En el caso de que se note que la superficie del platillo clarea á través

de la tinta, debe continuarse la operación de frotar con el extremo de la barra, revolviendo siempre del mismo lado, hasta que la tinta adquiera la debida consistencia, y en caso de duda, nada cuesta trazar una línea sobre el papel para poder apreciar definitivamente, sobre el terreno, el temple de la tinta. Así podrá asegurarse el dibujante hasta qué punto debe llegar la densidad de ella para obtener contornos limpios y firmes.

No es conveniente poner de una vez en el platillo la cantidad de agua calculada. Con esto se consigue emplear más tiempo en preparar la tinta que añadiendo el agua poco á poco; además, que la abundancia de agua produce desprendimientos de pequeñas partículas en la barra, las cuales quedan sin disolver, y son causa, sobre todo en el dibujo lavado, de lamentables accidentes, si no se procura eliminarlas.

La buena tinta de China se conoce en su fluidez y en la brillantez característica que toma al secarse en el platillo. Además, dejando caer una gota en agua limpia, produce una ligera mancha de bordes recortados que se extiende sobre la superficie del líquido y, al irse á fondo, se difunde en nubecillas parecidas á las que forma el humo del cigarro, las cuales se desvanecen en cuanto se agita el agua, mezclándose con ella, sin dejar posos ó sedimento.

Según al principio se dijo, la tinta de China es la única indeleble; los dibujos hechos con ella se conservan siempre en el mismo estado; no ataca al papel ni corroe las plumas metálicas ni los tiralíneas. En cambio, es sumamente delicada y no tolera las mezclas con otras tintas; basta meter una pluma mojada en tinta ordinaria de escritura en el platillo de la tinta de China para descomponer é inutilizar ésta por completo.

Es necesario, pues, usarla con plumas nuevas ó muy limpias, ó con tiralíneas desprovistos de herrumbre, si el dibujante desea lograr alguna perfección en sus obras, evitándose, con tales cuidados, seguros fracasos.

El uso de la tinta de China líquida, se limita á la delineación. No debe emplearse mezclada con agua en el lavado, porque las aguadas se cortan.

28. Tiralíneas.—Es un instrumento que se emplea para trazar líneas con tinta, ayudándose de la regla, para las rectas, y mediante plantillas, para las curvas. Se distinguen dos clases de tiralíneas, el de mano, que se usa en combinación con la regla ó con plantillas de curvas (1), y el de compás, que sirve especialmente para el trazado de circunferencias ó arcos de ellas.

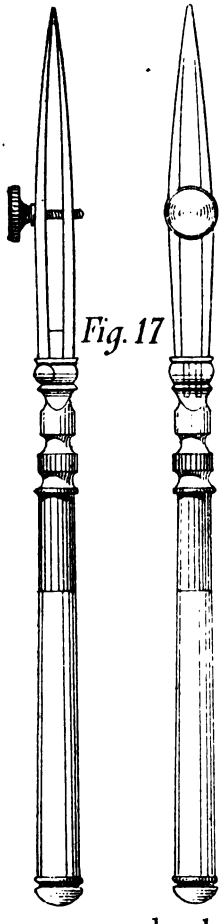


Fig. 17

Entre las dos especies de tiralíneas no hay diferencias esenciales: el de mano (fig. 17) va provisto de un mango de que carece el destinado á trazar arcos de circunferencia. Uno y otro se componen de dos hojas, generalmente de acero, colocadas una enfrente de otra, las cuales se aproximan ó separan por medio de un tornillo regulador.

Un buen tiralíneas debe tener las puntas de las hojas bien igualadas y simétricamente formadas, de modo que no sobresalga una más que otra. Es necesario, además, que las citadas hojas sean lo suficientemente resistentes para no ceder á la ligera presión que suele ejercerse cuando al trazar las líneas, se apoya el instrumento en el canto de la regla.

(1) Para el trazado de curvas, se fabrican tiralíneas especiales, cuyas hojas, de forma ondulada, pueden girar al rededor de una espiga situada en dirección del eje del mango. El autor, después de haber ensayado este tiralíneas, encuentra más cómodo y preferible, para el trazado de curvas, emplear el tiralíneas usual recto.

Para cargar de tinta el tiralíneas, se emplea un pincelito ó una pluma, haciéndolo con moderación y evitando que la tinta rebase al exterior de las hojas, porque entonces se mancharía la regla por el canto y de él se propagaría con la mayor facilidad al dibujo; por eso, un lienzo fino y usado es artículo de primera necesidad para atender á la limpieza del tiralíneas siempre que sea necesario.

El trazado de líneas rectas se verifica llevando el tiralíneas entre los dedos pulgar, índice y del corazón, apoyando el mango sobre el arranque del dedo índice, de modo que las puntas del instrumento toquen al mismo tiempo la superficie del papel al deslizarse de izquierda á derecha á lo largo de la regla, en cuyo canto superior ha de apoyarse, lo más ligeramente posible, sin perder el contacto con ella.

El grueso de la línea depende de la mayor ó menor separación de las hojas, la cual se gradúa haciendo funcionar el tornillo y ensayando previamente el tiralíneas en un papel aparte.

No estará de más advertir que, al colocar el tiralíneas en disposición de funcionar, ha de resultar el canto de la regla en dirección perpendicular al eje del tornillo regulador del tiralíneas. Entre el canto inferior de la regla y la línea que se traza, ha de mediar una distancia, sobre poco más ó menos, de medio milímetro, sin perjuicio de conservar el contacto con el canto superior, según antes se ha indicado.

29. Conservación y arreglo del tiralíneas.—Uno de los instrumentos que más cuidados exige para poder servirse de él en las mejores condiciones, es el tiralíneas. Debe evitarse el que se caiga al suelo, porque las puntas saltan, se mellan ó se deforman; tampoco debe abandonarse en sitio húmedo, ó manejarse con las manos húmedas, ni guardarle sin quitarle antes hasta la menor traza de tinta de China de la que haya sobrado de la delineación.

En caso de que llegara á oxidarse por cualquiera de los

descuidos apuntados, el óxido desaparece frotando suavemente con una pastilla de goma de las que se emplean en dibujo para borrar tinta (véase 11), pasando, después que haya desaparecido la roña, un algodón ligeramente impregnado en vaselina, y otro en seco, antes de guardarlo en el estuche.

Para facilitar la limpieza del tiralíneas, suelen, los de esmerada construcción, estar provistos de una charnela colocada á raíz de una de las hojas, la cual permite, después de quitado el tornillo regulador, abrir ó separar dichas hojas, limpiándolas entonces con la mayor comodidad. También, para la operación de afilar el tiralíneas, presta excelente servicio la charnela.

Á la larga y con el uso continuado suelen embotarse las puntas del tiralíneas con notable perjuicio de la corrección de las líneas por él producidas. En este caso, lo mismo que cuando las puntas se han mellado á consecuencia de una caída, se afilan é igualan sobre una piedra de grano fino (1), dándoles la forma característica de lengua de pájaro que tienen las puntas de todos los tiralíneas. Á falta de una buena piedra de afilar, puede emplearse para este menester un pedacito de papel de esmeril fino.

30. Pluma para dibujar.—Figura este instrumento entre los de primera necesidad, al lado del lápiz. Con la pluma se dibujan á pulso todas aquellas líneas curvas en cuyo trazado no puede ó no debe intervenir el tiralíneas; con ella, manejada por mano hábil, se producen efectos de claro-obscuro en dibujos y viñetas que pueden competir con los del grabado.

Dejando á un lado la pluma caligráfica, que no tiene de común con la de dibujo más que la forma, conviene fijar bien el carácter y cualidades de ésta.

(1) La mejor piedra para estos casos, es la que emplean los grabadores para afilar los buriles, que se usa impregnada de aceite y se conoce con el nombre de *piedra cándida.*

Las plumas destinadas al dibujo se hacen de una lámina delgada de acero, en forma acanalada, con una punta fina hendida por la mitad hasta un tercio de su longitud. Su tamaño (fig. 18) es algo menor que el de las plumas que se emplean para escribir.

En una buena pluma de dibujo han de estar perfectamente equilibradas la flexibilidad con la resistencia. La igualdad y finura de los dos puntos ha de llegar á un límite tal, que puedan trazarse los rasgos más delicados sin que tropiecen dichos puntos, ni menos se traben en las desigualdades de la superficie del papel.

Las plumas que gozan de mayor crédito entre los dibujantes, desde muy antiguo, son las de procedencia inglesa,

Fig. 18

distinguiéndose las que pertenecen á las marcas «Perry» y «Gillotts»; por más que en la actualidad van tomando posiciones en el mercado las de fabricación alemana, mereciendo los honores de la competencia las plumas de dibujo que proceden de la fábrica Heintze & Blanchertz, de Berlín.

Para el acertado manejo de la pluma no hay más preceptos que los que dicta el buen sentido práctico á los que se hallan acostumbrados á usar otros instrumentos de igual ó mayor delicadeza. Sin embargo, no estarán de más algunas advertencias.

Desde luego, no debe usarse otra tinta, para dibujar con estas plumas sobre papel, que la de China, con preferencia á la líquida, la que se prepara uno mismo al temple que desea, empleando tinta de barra.

Se tendrá preparado un trapito de hilo ó algodón usado, que servirá para limpiar la pluma al terminar el trabajo y

en cualquier ocasión que fuere necesario. También se dispondrá de un papel para ensayar frecuentemente la pluma, á fin de no exponerse á un fracaso dibujando sin esta precaución.

Para evitar el enredijo de pequeños filamentos en los puntos de la pluma, será conveniente dibujar con ella sobre papel satinado y bien encolado. Además, se limpiará con frecuencia la superficie del papel con una brocha de pelo fino ó con un pañuelo usado y limpio, y se tendrá cubierto el platillo de la tinta mientras no se dibuje.

31. Dibujo litográfico á pluma.—Aunque la litografía como arte de reproducción gráfica ha entrado en un período de relativa limitación, que reconoce por causa la invasión del fotograbado en los dominios en que antes campaba como absoluta señora, todavía el ramo de cromolitografía se mantiene y defiende contra avasalladoras competencias. Mas como quiera que en esta especialidad se emplean iguales procedimientos que en el dibujo sobre papel, motivo por el cual muchos dibujantes, después de allanadas pequeñas dificultades de tecnicismo, dibujan en la piedra como si en toda su vida no hubiesen hecho otra cosa, por eso no estará fuera de lugar describir, aunque sea á la ligera, lo más esencial relacionado con dicho tecnicismo; después la práctica enseñará lo demás.

Para hacer un dibujo á pluma sobre piedra litográfica, se prepara la superficie de ésta, alisándola con piedra de pómez y agua. Se dibujarán con lápiz los contornos, sin tocar con la mano dicha superficie (1), á cuyo fin se apoyarán éstas en una tabla delgada tendida á modo de puente sobre dos tarugos también de madera, que, colocados sobre la mesa, á uno y otro lado de la piedra, sobresalen de ella un centímetro.

La tinta que se emplea para dibujos litográficos es dis-

(1) El sudor de las manos y la caspa que pueda caer de la cabeza sobre la piedra se traducen en manchas al tiempo de dar tinta al dibujo.

tinta de la de China; se vende en barras cubiertas con papel de estaño. Se prepara para dibujar, frotando en seco, sobre un platillo de porcelana previamente calentado, uno de los extremos de dicha barra hasta dejar en él adherida una pequeña cantidad de pasta. Se echan entonces unas gotas de agua pura que se extienden dando vueltas y frotando con la yema del dedo mayor hasta que, mezclándose con el agua, se deshaga por completo, resultando una tinta relativamente espesa comparada con la de China.

En el caso de que resultara demasiado densa ó pastosa, se corregirá la tinta, añadiéndole el agua necesaria gota á gota, revolviendo con la yema del dedo hasta que adquiera

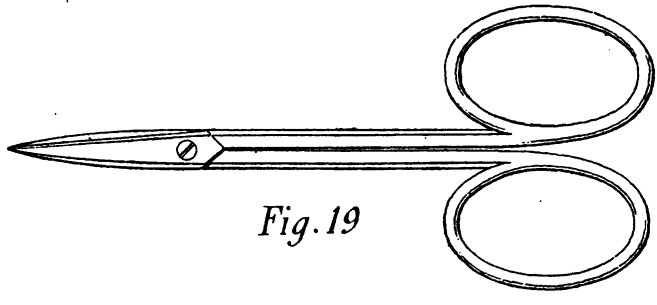


Fig. 19

el temple deseado; si por el contrario fuese clara en demasía, no hay otro remedio que hacerla de nuevo, pues conviene saber que los dibujos hechos con tinta clara no resisten la acción del agua acidulada á que se somete la piedra antes de llegar á la impresión. Por eso, en caso de duda, conviene decidirse por la tinta densa.

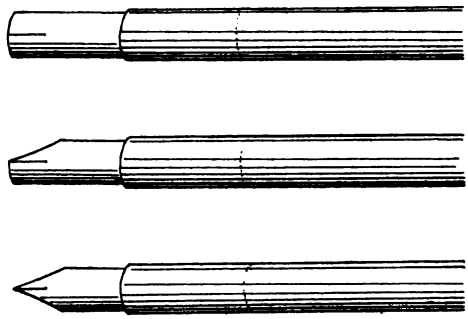
La tinta litográfica en barra se compone de cera de abejas, sebo de carnero, goma laca, jabón y negro de humo para darle color. La más estimada por los dibujantes litógrafos es la que se fabrica según la fórmula de Lemercier.

32. Pluma litográfica.—En el comercio se encuentran plumas de este nombre que, á falta de otras mejores, sirven

en determinadas circunstancias. La verdadera y genuina pluma litográfica es la que se adereza uno mismo, empleando acero en cintas más ó menos delgadas á las que se da el nombre de *talco*.

Para hacer una pluma, se corta con una tijera especial (fig. 19) una tira de talco de 45 milímetros de larga por seis milímetros de ancha, á la que primeramente se le da la forma acanalada que tiene toda pluma, repujando sobre madera blanda y compacta con la parte redondeada de uno de los ojos de la tijera. En cuanto se consigue una ligera

Fig. 20.



curvatura, se coloca en el portaplumas formado del cañón de una pluma de ganso, donde enchufa un mango de madera de quince centímetros de largo, y se procede al corte de la pluma; operación tan fácil de explicar como difícil de realizar con éxito.

Para cortar la pluma, se sostiene el portaplumas con la mano izquierda, y con la tijera en la derecha, se da el corte que ha de separar los puntos de la pluma, cuya longitud no debe pasar de cuatro milímetros. Á continuación se dan dos cortes simétricos y oblicuos al anterior, para formar los puntos, empezando por lo que ha de ser punta de la pluma. Después se allanan los alabeos que haya podido ocasionar el corte mediante golpecitos dados con el canto del ojo de la

tijera, colocando la pluma de plano sobre la piedra litográfica. Los efectos y forma de cada uno de los tres cortes á que se somete la pluma, pueden verse sucesivamente en la figura 20.

Suponiendo que los puntos de la pluma han quedado iguales, se prueba ésta con tinta litográfica en el margen de la piedra, y en el caso de encontrar algún defecto, se corrige mediante nuevos cortes de tijera, siguiendo éstos la dirección establecida, es decir, de la punta á los costados de la pluma.

La operación descrita requiere, para llevarla á feliz término, mucha vista, buen pulso y costumbre de practicarla. En cambio, una pluma litográfica bien cortada es insustituible, no admitiendo comparación con las que hasta la fecha se han fabricado con el buen propósito de evitar á los dibujantes la difícil tarea de cortarlas.

33. La marcha del dibujo sobre piedra litográfica es la misma que se sigue para dibujar sobre papel. Primero se trazan los contornos con lápiz del número 4 ó 5, ó se calcan con papel polígrafo (1), borrando las equivocaciones con goma de borrar lápiz. Después se dibuja con tinta, limpiando á menudo la pluma con un trapito usado, procurando dejar los trazos limpios y firmes; nada de líneas en falso ni hechas con tinta clara, porque desaparecen con la acidulación de la piedra.

Debe cuidarse, con el mayor esmero, de que no se manche el dibujo con ningún líquido y mucho menos con grasa; si esto ocurriese, se limpiará la parte manchada frotando con un pedacito de piedra pómez y agua hasta quitar el último resto de mancha.

Las equivocaciones en la parte dibujada con tinta, se corrigen raspando con el filo de un buril prismático, cuya sec-

(1) Si la piedra es de color plomizo, como las que proceden de Munich, se empleará para el calco papel embadurnado con rojo inglés.

ción oblicua correspondiente á la superficie afilada es un rombo. Los demás instrumentos que se emplean para dibujar con tinta sobre piedra son los mismos que figuran en el dibujo usual sobre papel, á saber: regla, escuadra, cartabón, compases, tiralíneas, escalas, etc., que en otro lugar se describen.

Cuando el dibujo se ha terminado, se limpian los márgenes de la piedra donde se ha probado la pluma con un trapo mojado en esencia de trementina, apomazando luego dichos bordes con piedra pómez y agua para limpiarlos mejor.

Por último, se llega á la preparación de la piedra; operación que consiste en pasar con igualdad por toda la superficie dibujada una esponja pequeña ligeramente empapada en una solución de cinco centímetros cúbicos de ácido nítrico en cien de agua. Inmediatamente se barniza la superficie preparada con una solución de quince gramos de goma arábiga en cien de agua.

Después de un reposo de una hora, cuando menos, ó veinticuatro, cuando más, puede comenzarse el entintado y la impresión.

CAPÍTULO II

Instrumentos de medida y trazado

34. Compás.—Es el instrumento científico por excelencia, porque mediante él se resuelve la variada serie de problemas que integran la Geometría métrica, base y sustentación del Dibujo. Con el compás se toman longitudes y calibres, esto sin contar que es el único instrumento apropiado para trazar con exactitud la circunferencia.

En la práctica del dibujo se distinguen principalmente dos tipos de compás: el de puntas fijas y el de piezas.

Fig. 21

35. Compás de puntas fijas.—Se compone de dos brazos de metal (fig. 21) terminados en sus respectivas puntas de acero y unidos por una articulación que se llama cabeza del compás.

El compás de puntas sólo se emplea para trasladar medidas de una parte á otra. Cuando estas medidas requieren gran exactitud, se usa el compás llamado de *pelo*. Este compás sólo se diferencia del de puntas, en que una de ellas, mediante un muelle de acero, combinado con un tornillo, se aproxima ó aparta de la otra punta distancias extremada-

mente pequeñas. El representado en la figura 21 es un compás de pelo fabricado por Kenr en Suiza á mediados del pasado siglo.

Otra variedad de compás de puntas es el representado en la figura 22, el cual está formado de una sola pieza de acero, verificándose la separación ó aproximación de las puntas mediante un tornillo que une los brazos en su punto medio.

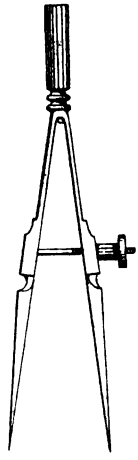


Fig. 22

36. Compás de piezas. — Está formado, según su nombre lo indica, de piezas cambiables en consonancia con los usos á que están destinadas. Estas son (fig. 23): portalápiz (*B*), tiralíneas (*C*), portaguja (*E*) y alargadera (*D*). Todas ellas empalman á caja y espiga en los brazos del compás (*A*), incluso las puntas *h*.

Las cajas se hallan abiertas en los extremos de los brazos del compás, y cada una de las piezas mencionadas va provista de su respectiva espiga, quedando sujetos los empalmes mediante los tornillos de seguridad *m n*, fijados en cada uno de los brazos del compás.

El portalápiz (*B*) se usa, montado en el compás, para resolver previamente todos los problemas propios del trazado, de modo que antes de pasar éste de tinta, no quede el más pequeño asomo de duda respecto á la verdad y exactitud de dicho trazado.

La barrita de lápiz (se emplea del n.º 3 ó del 4) queda sujeta en el portalápiz por la presión que ejerce el tornillo *s* sobre dos medias cañas en que termina dicha pieza, que á su vez oprimen la envoltura tubular que contiene la barrita de lápiz.

Una articulación *p* situada cerca de la espiga permite colocar la barrita del lápiz en dirección perpendicular al plano sobre que se dibuja; condición es ésta que debe

tenerse muy en cuenta si, como es natural, el trazado ha de responder á la corrección y exactitud que es lícito esperar de las funciones propias del compás. De esta misma articulación, destinada á idénticos fines, se hallan provistos el tiralíneas (*C*) y portaguja (*E*).

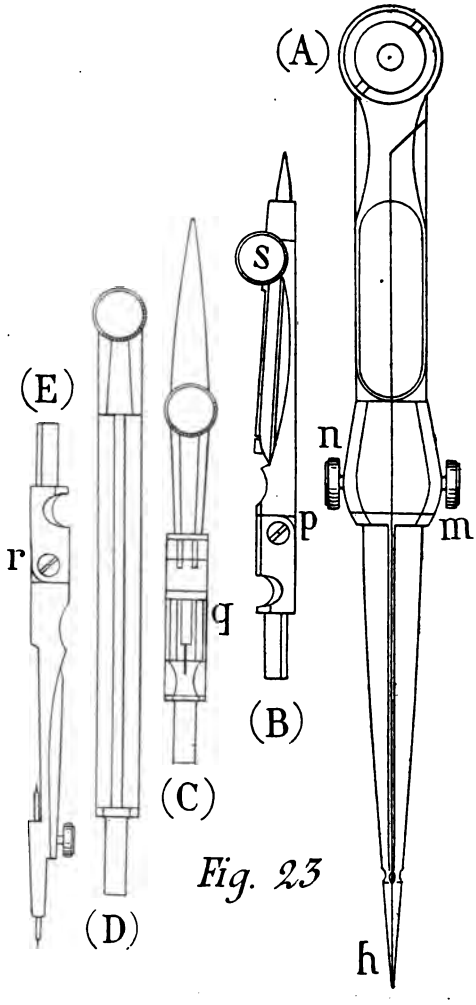


Fig. 23

La pieza correspondiente al tiralíneas (fig. 23) varía poco del instrumento que con este nombre se ha descrito en el n.° **28.** Unicamente se diferencia, descontando la carencia del mango, en la distinta curvatura de las hojas y en la

articulación *q*, circunstancias ambas que tienen por objeto facilitar el correcto trazado de circunferencias á que especialmente se destina esta pieza montada en el compás.

Para hacer funcionar el tiralíneas una vez montado en el compás, es necesario asegurarse de que las puntas de las dos hojas tocan por igual en la superficie del papel. Esto se

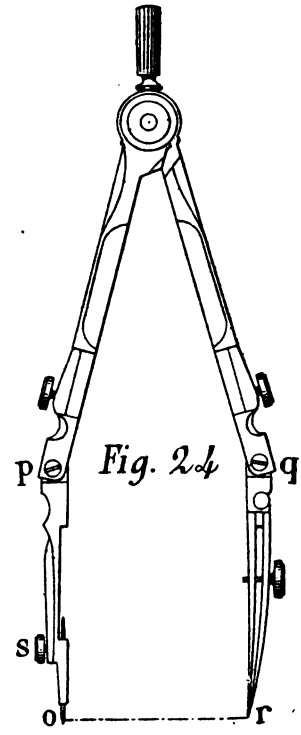


Fig. 24

consigue mediante la articulación *q*, que permite, cualquiera que sea la abertura del compás, colocar el tiralíneas perpendicular al plano del dibujo, posición en la cual las dos puntas funcionan como es debido al describir el arco, cuyo radio es *or* (fig. 24).

La pieza portaguja representada en la figura 23 también requiere su correspondiente articulación en *r*, porque de este modo al describir arcos de gran radio es posible afianzar dicha punta perpendicular al plano del papel, procu-

rando así el funcionamiento normal del instrumento y evitando al mismo tiempo el contratiempo que supone para el dibujo un agujero demasiado visible. Para que los agujeros sean poco perceptibles, se emplean agujas de punta muy fina con un retallo ó engruesamiento cercano á aquélla, el cual sirve de tope para impedir que la punta cale más de lo debido á través del papel. Estas agujas se fijan en la pieza descrita mediante un tornillo situado en *s*.

Á pesar del retallo de la aguja, sucede en ocasiones, cuando hay necesidad de trazar múltiples circunferencias concéntricas, que el agujero se agranda con gran detrimento del dibujo. Este inconveniente se evita usando centros, que en el comercio se encuentran de dos clases: de talco y de metal.

37. Los de talco consisten en un disco de asta, delgado y transparente, de doce milímetros de diámetro, provisto de tres puntas finísimas que sirven para estacionarlo en el sitio conveniente. Claro está que á través del disco de asta se transparenta el punto que ha de servir de centro, pudiéndose apoyar sobre él la punta del compás sin que en el papel se note otra señal que las casi imperceptibles huellas de las puntas de aguja antes mencionadas.

Los centros metálicos tienen la forma de un clavillo ó chinche, van provistos de una sola punta sumamente fina colocada en el centro del disco que le sirve de cabeza, y en ésta hay una pequeña concavidad como un punto que corresponde precisamente al lado opuesto del arranque de la citada punta. Así, clavando ésta en el punto donde ha de hacerse centro hasta que la cabeza toque de plano en el papel, no habrá más que apoyar la aguja del compás en la pequeña concavidad que presenta la cabeza en el centro, para trazar numerosas circunferencias concéntricas, sin que en el papel quede más señal que la de un pequeño agujero.

De los dos centros descritos, es preferible el segundo al

primero, aunque no sea más que por la consideración de que aquél deja señalado el papel en tres puntos, mientras que éste produce una sola picadura, además de que la duración del centro metálico es ilimitada.

La pieza de alargar el compás ó alargadera (*D*) no se emplea más que en casos excepcionales, empalmada entre el compás y el tiralíneas ó el lápiz, para aumentar la longitud de los radios cuando es preciso trazar grandes circunferencias. En este caso, las articulaciones respectivas *p*, *q* y *r*

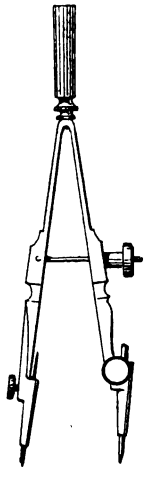


Fig. 25

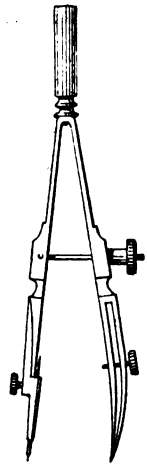


Fig. 26

Fig. 27

(fig. 23) del portalápiz, tiralíneas y portaguja prestan buenos servicios, pues sin su concurso sería imposible disponer el compás en forma de poder trazar circunferencias.

Un buen compás de piezas debe estar primorosamente construído y ajustado, sobre todo en las articulaciones, que deben funcionar sin aspereza, conservando al mismo tiempo la posición ó abertura de los brazos, según las exigencias del trazado, en cierto grado de firmeza, que solamente el tacto

del dibujante acostumbrado á la delineación puede discernir, lo cual se consigue sometiendo los tornillos de las articulaciones á presiones más bien moderadas que violentas. Además de esto, el compás debe reunir á una forma elegante condiciones de rigidez y ligereza relativas.

38. Bigotera.—Así se llama un pequeño compás de acero expresamente construído para el trazado de lápiz ó para el de tinta. Tanto en el uno como en el otro (figs. 25 y 26) el portalápiz ó el tiralíneas forman una sola pieza con el respectivo portagujas. En estos compases van hermanadas la seguridad y la precisión, sobre todo para trazados de circunferencias de poco radio.

Para los mismos usos propios de la bigotera, se emplea el *compás de bomba* (fig. 27), el cual se diferencia de aquélla en que el brazo correspondiente al portaguja constituye un eje vertical de rotación á cuyo alrededor gira la pieza tiralíneas ó la del portalápiz.

Para hacer funcionar este compás, se coloca el eje de rotación *A o* perpendicular al plano del tablero, apoyando el dedo índice sobre el botón *A* al mismo tiempo que entre los dedos pulgar y del corazón se hace girar el tubo *mn* al que va unido el tiralíneas. De esta manera pueden trazarse á satisfacción circunferencias de hasta un milímetro de diámetro sin gran dificultad.

39. Compás de vara.—El polo opuesto al compás de bomba es el llamado de vara, que sirve para describir circunferencias á cuyo radio no alcanzan los compases de piezas ordinarios aunque se hallen provistos de alargadera. Este instrumento (fig. 28) se compone de una regla de madera *M* lo suficientemente rígida para no cimbrearse; de dos abrazaderas *A* y *B* móviles que se ajustan á la regla mediante los respectivos tornillos de presión, y de las piezas correspondientes al portalápiz *C*, y al tiralíneas *D*, y dos pun-

Fig. 28

tas de acero *E* y *F*, que ajustan á caja y espiga, aseguradas por un tornillo, en las mencionadas abrazaderas.

Mediante un sencillo mecanismo de resorte, en el que el tornillo *S* desempeña el papel principal, se puede hacer retroceder ó avanzar pequeñas distancias á la punta *F*, pudiendo de este modo ajustarse el radio cómodamente á determinadas longitudes sin tener que desmontar ninguna de las abrazaderas.

En los buenos compases suizos y posteriormente en algunos franceses se substituye la regla por una varilla metálica cilíndrica dividida en tres tramos que se empalman mediante espigas á rosca. Á lo largo de la varilla enfila una ranura en la cual encaja una espiguita que llevan las abrazaderas al interior y que tiene por objeto impedir todo movimiento giratorio de las citadas abrazaderas alrededor del eje de la varilla. La longitud de la varilla después de empalmada es de 62 centímetros, pudiéndose trazar con ella circunferencias de hasta 585 milímetros de radio.

40. Á principios del pasado siglo, la fabricación de compa-

ses llegó á su más alto grado de perfección, especialmente en los productos de la fábrica de Kenr, en Suiza; de esta época data la construcción de las articulaciones en dos metales distintos (latón ó mallechor y acero) con objeto de retardar el desgaste de las piezas.

En la actualidad, la fabricación de estos instrumentos ha ido progresando, se han introducido en ella perfeccionamientos de verdadera importancia que sería prolijo enumerar y se ha conseguido abaratar este artículo merced á la competencia que se hacen importantes fábricas con productos de módico precio y esmerada construcción (1).

41. Compás de espesores ó calibrador.—Es un instrumento que se emplea para tomar medidas justas de objetos tales como órganos de máquina y en general detalles de construcción en hierro, madera y piedra, cuando estas medidas han de figurar como datos en la realización de lo que en dibujo se llama croquis acotado.

Se construye de metal y está formado (fig. 29) de dos piezas *A* y *B* unidas por medio de una articulación que permite abrir ó cerrar dicho compás.

Forma parte de la pieza *A* un arco de círculo *E F* dividido en cierto número de partes iguales, y de la pieza *B* un índice *D* provisto de su correspondiente línea de fe que recorre el semiarco de la izquierda cuando se separan los brazos *A B*, y el de la derecha, cuando estos mismos brazos

(1) Parece incomprensible que en estas circunstancias circulen en el comercio de objetos de dibujo estuches de compases, que adquieren los principiantes, seducidos por el relumbrón de numerosas piezas que no tienen de compás ni de tiralíneas más que la forma tosca, en los cuales las articulaciones están ajustadas á martillazos, con clavos, y los tiralíneas, de hierro, necesitan desbastarse antes de afilarlos para poder servirse de ellos.

Una mal entendida economía es causa las más de las veces de que muchos, ignorando lo que es una buena herramienta, por adquirir un estuche de matemáticas al parecer bien surtido, tropiecen en su aprendizaje con una dificultad de las más serias, cual es la de tener que servirse de instrumentos que en vez de rendirles perfección y facilidad en su trabajo, son la rémora principal que contribuye á desalentarles.

se cruzan, pasando la punta *n* hacia *m* y la *m* hacia *n*. Cuando las puntas *m* y *n* se tocan, según se ve en la figura, la línea de fe del índice coincide con el cero, punto situado en medio del arco *E F* y que es el de partida para las lecturas de calibres á uno y otro lado del arco, según sean interiores ó exteriores.

Cada división numerada del arco, recorrida por la línea

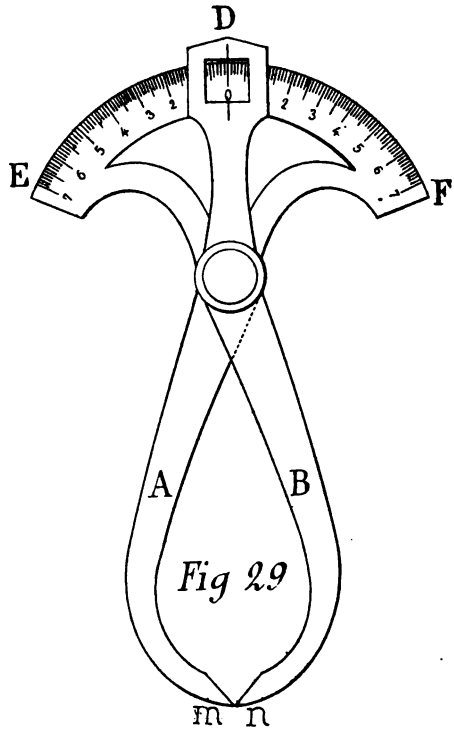
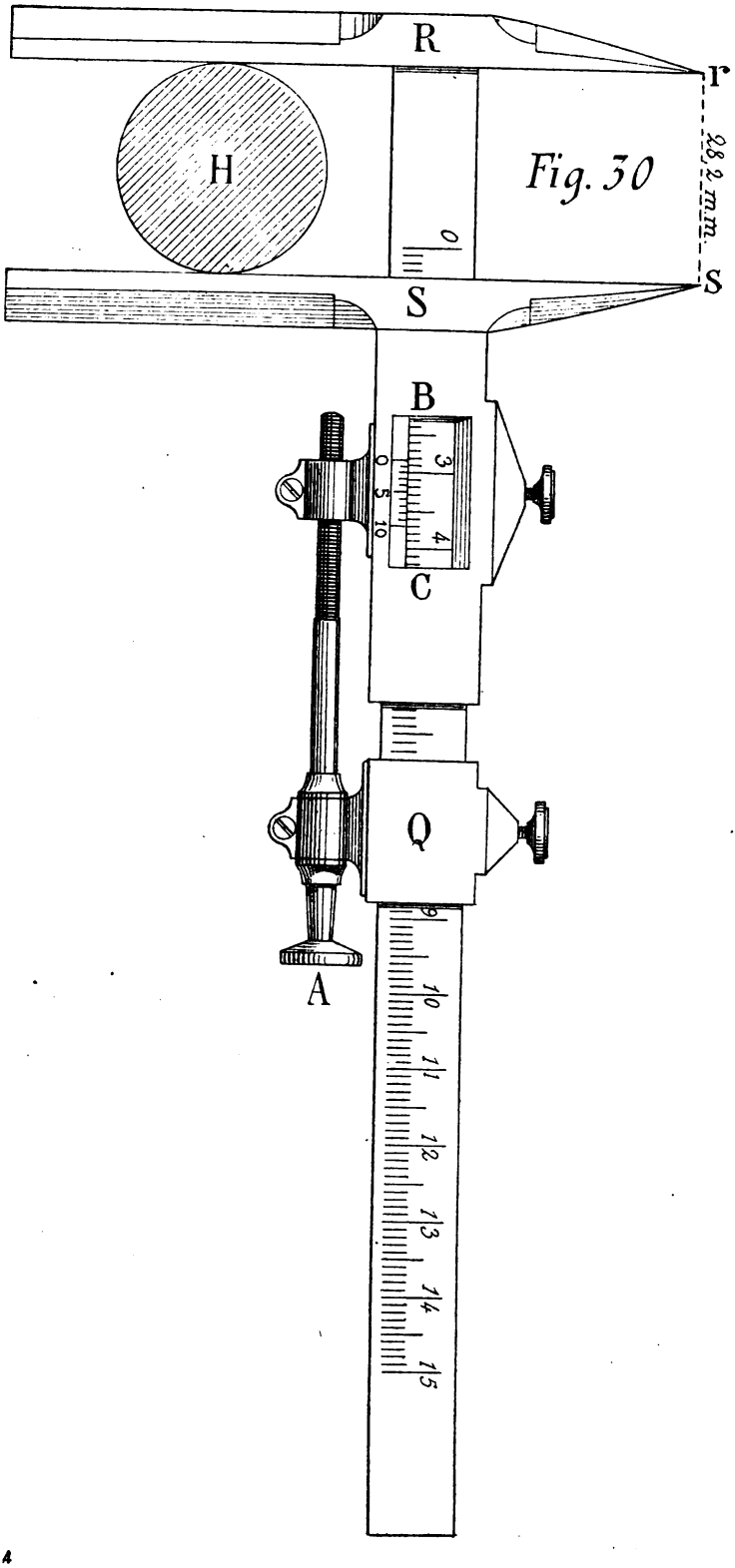


Fig 29

de fe del índice, supone una separación de las puntas igual á un centímetro lineal; mas como las citadas divisiones se hallan subdivididas en diez partes iguales, de aquí que puedan apreciarse milímetros y aun medios milímetros en los calibres obtenidos con este compás.

De lo expuesto se deduce la posibilidad de medir con este instrumento, no tan sólo el diámetro exterior, sino también el interior de un objeto hueco. En el primer caso, al



4

abrir el compás ajustando sus puntas *m* y *n* al grueso del objeto, el índice va señalando, á partir del cero, en el semiarco de la izquierda los milímetros de abertura que el compás alcanza desde 1 hasta 120, que suele ser el límite, y en el segundo caso, para medir, por ejemplo, el diámetro del interior de un tubo, se cruzan los brazos del compás, y el índice va marcando en el semiarco de la derecha, á partir también del cero, los milímetros que corresponden á la longitud del referido diámetro.

42. Otro modelo de calibrador, que se emplea cuando es necesario obtener una exactitud rigurosa en las medidas, es el representado en la figura 30.

Se compone de una regla dividida en milímetros, en la que se ajustan dos abrazaderas *B* y *Q* que pueden correrse á lo largo de ella. La abrazadera *B* forma parte de uno de los brazos del calibrador, el *S*; el otro brazo *R* va unido á la regla de modo que, cuando se separa del *S*, la regla avanza por el interior de la abrazadera *B* una longitud igual á la que media entre las puntas *r* y *s*.

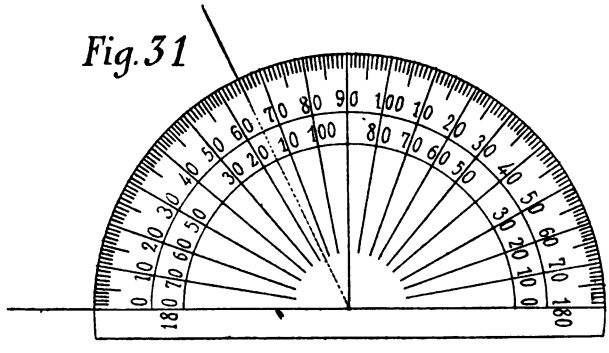
Las lecturas de estas longitudes se hacen por una escotadura que, en forma de rectángulo, hay abierta en la abrazadera *B*. En la base de dicho rectángulo, sobre un bisel, va grabado un nonius, con el que se pueden apreciar décimas de milímetro.

Los tornillos que se ven á la derecha de la figura tienen por objeto fijar cada una de las abrazaderas en el punto de la regla que convenga, y el *A* sirve para aproximar ó separar los brazos *R* y *S* poco á poco, siempre que la abrazadera *Q* se haya fijado á la regla con su tornillo de presión.

Para servirse de este calibrador, suponiendo que se trata de medir el diámetro de un árbol ó eje de maquinaria, cuya sección se representa en *H*, se separan los brazos *R* y *S* para colocar el instrumento de modo que los citados brazos queden tangentes á la sección, procurando que el contacto sea

lo más justo posible, á cuyo efecto se hará funcionar, si necesario fuese, el tornillo de coincidencia *A*, después de ajustar el de presión de la abrazadera *Q* y aflojar el de la abrazadera *B*.

En este momento, se contarán en la regla los milímetros que hay desde el cero de la regla hasta el cero del nonius, que son 28 y una fracción de milímetro. Para justipreciar esta fracción, se examina cuidadosamente qué línea de las del nonius coincide con otra de las que van grabadas en la regla, y visto que la línea correspondiente á la segunda división del nonius es la única que coincide con otra de las divisiones que separan los milímetros de la regla, se deducirá que la fracción equivale á dos décimas de milímetro (1). Por tanto, el diámetro del árbol medirá 28,2 milímetros.



Las puntas *r* y *s* en que terminan los brazos del calibrador por la parte superior se emplean, como las del compás de pelo, para medir pequeñas distancias de un punto á otro.

Este instrumento no es á propósito para tomar medidas interiores.

43. Transportador.—Se llama así un medio círculo recortado en metal ó asta transparente (fig. 31), que lleva

(1) Si la coincidencia se verificase en la novena línea del nonius, entonces la fracción sería de nueve décimas de milímetro. En general, el número de orden de la división en que ocurra la coincidencia, será el que corresponda á las décimas de milímetro que valga la fracción.

grabadas 180 divisiones de partes iguales correspondientes á otros tantos grados y sirve para medir ángulos, dividir circunferencias, construir polígonos, etc.

Los hay de círculo completo, que comprenden 360° subdivididos en medios grados y cuartos de grado, según que el tamaño del transportador lo permita. También se fabrican de metal transportadores de gran precisión con nonius, centro diáfano con retículo, tornillos de presión y coincidencia, alidada y punta de fijar, llegándose á medir minutos con estos aparatos. Pero para atender á las necesidades que al dibujante puedan ocurrirle, basta con un buen transportador de talco (asta transparente) con división sexagesimal de grados y medios grados.

44. Compás para trazar elipses.—Varios son los instrumentos que se han ideado para trazar elipses; pero algunos de ellos adolecen de ser poco prácticos para salvar las dificultades que ofrece su manejo. El representado en la figura 32 merece, por su sencillez y buenos resultados, especial mención.

Se compone de una regla de madera dividida en milímetros de uno á otro extremo en el sentido de su longitud. En esta regla se ajustan dos abrazaderas de metal, *A B*, que pueden correrse á lo largo de ella y sujetarse independientemente una de otra á la distancia que convenga mediante los respectivos tornillos *a* y *b*. En un extremo de la regla hay otra abrazadera fija *C*, de la que forma parte una aguja de acero con la punta embotada, del mismo tamaño y forma que la que lleva la abrazadera *B*.

En la abrazadera *A* se coloca, según las necesidades del trazado, el portalápiz *m* ó el tiralíneas *n*, que se ajustan respectivamente con el tornillo *p*.

Antes de aplicar el instrumento á la construcción de la elipse, se trazarán los ejes de dicha curva marcando los extremos de ellos con arreglo á las dimensiones convenidas;

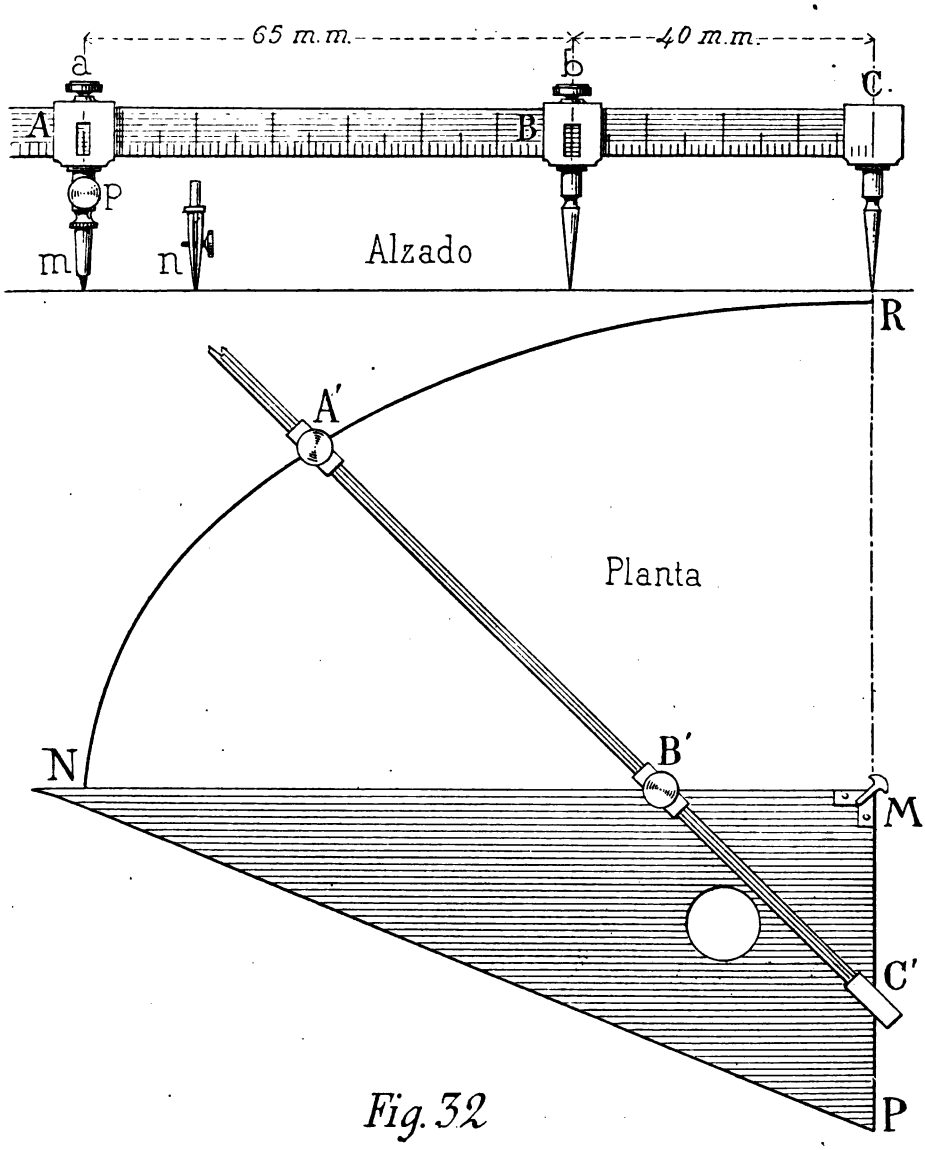


Fig. 32

suponiendo que éstas sean 65 milímetros para el semieje menor y 105 para el semieje mayor, se colocará la abrazadera *A* de modo que la línea de fe situada en el promedio de dicha abrazadera diste 105 milímetros de la otra línea que figura en el promedio de la abrazadera *C*. Después se hará otro tanto con la abrazadera *B*, corriéndola hasta un punto que diste de la *C* 40 milímetros ó sea la diferencia que hay entre 105 y 65 milímetros, longitudes respectivas de los semiejes. El ajuste de cada una de las líneas de fe de las abrazaderas *A* y *B* se puede hacer sin ninguna dificultad mediante unas escotaduras que permiten ver las divisiones en milímetros marcados en la regla.

Preparado así el instrumento, se toma un cartabón *N M P* cuyos lados perpendiculares sean algo mayores que los respectivos semiejes, y acoplado que sea á éstos, se hace coincidir la punta de acero correspondiente al extremo *C'* con un punto del cateto menor *M P* del cartabón y la otra punta de la abrazadera *B'* con un punto del cateto mayor *M N*.

En esta disposición, moviendo el aparato con las agujas perpendiculares al tablero de modo que la aguja *C'* recorra el cateto menor del cartabón y la *B'* el mayor (sin salir cada punta de su lado respectivo), entonces el lápiz situado en *A'* describirá una curva *N A' R*, que será la cuarta parte de la elipse.

Para trazar los otros tres cuadrantes de la curva propuesta, se colocará el cartabón sucesiva y simétricamente de modo que coincidan siempre los semiejes respectivos con los catetos del cartabón, quedando lo demás reducido á verificar otras tres veces la maniobra descrita.

Se puede trazar con tinta el contorno de la elipse, substituyendo la pieza del portalápiz *m* por la del tiralíneas *n*. Para verificar esta operación, se colocará el tiralíneas de manera que el eje de su tornillo regulador siga la dirección de uno de los semiejes, teniendo cuidado de colocar, antes de dar principio al trazado, el punto *A'* en *N* y el *C'* en *M*; luego

se mueve la regla de modo que al avanzar B' hacia M y C' hacia P, sin perder el contacto con los respectivos catetos (1), llegue B' á tropezar con el pequeño tope situado en M. Entonces el tiralíneas habrá terminado de trazar en R la cuarta parte de la elipse. Cambiando la posición del cartabón, según se ha indicado antes, se trazarán de idéntica manera los restantes cuadrantes de la citada curva.

45. La conservación de los instrumentos descritos anteriormente exige guardar con ellos ciertos cuidados y precauciones. Cuando no se usan, conviene frotar ligeramente el metal con un algodón impregnado en una pequeña cantidad de vaselina; después se les pasa una franela fina para quitarles el exceso de grasa y se colocan en el sitio que cada uno debe ocupar en el estuche, guardando éste en lugar exento de humedad.

En el caso de que en el metal de los instrumentos se produjeran picaduras de óxido por la acción de la humedad ó por el sudor de las manos, desaparecerán estas manchas, cuanto es posible, frotando con la goma de borrar tinta, cuidando, al verificar esta operación, de no desgastar ó matar las aristas.

Debe también el dibujante abstenerse de apretar con exceso los tornillos de las articulaciones de los compases y otros instrumentos, pues se expone quien tal hace á que la rosca de dichos tornillos se corra; entonces, es preciso reemplazar el tornillo inutilizado por otro nuevo.

Cuando los tornillos funcionan con aspereza, se pone en el interior de la tuerca un poquito de vaselina y se les da vueltas á uno y otro lado hasta asegurarse que funcionan normalmente; después se limpia la vaselina excedente.

(1) Convendría dotar el cartabon de una guarnición metálica con una ranura ó pequeño carril situado en el preciso lugar que ocupan los catetos $N\,M$ y $M\,P$ é interceptado en el ángulo por el tope M.

Con este sencillo aditamento quedaría más asegurada la marcha regular del instrumento al encarrilarse las puntas en sus ranuras respectivas.

46. Aparato para rayar.—El fundamento de este aparato se encuentra en la asociación del cartabón con la regla, que se emplea para el trazado de paralelas y de que ya se habló en el n.° **21**, sólo que ahora responde á un mayor perfeccionamiento, exigido en el caso de tener que trazar con el tiralíneas gran número de paralelas equidistantes y muy próximas las unas á las otras.

Se compone el aparato (fig. 33) de dos piezas; la pri-

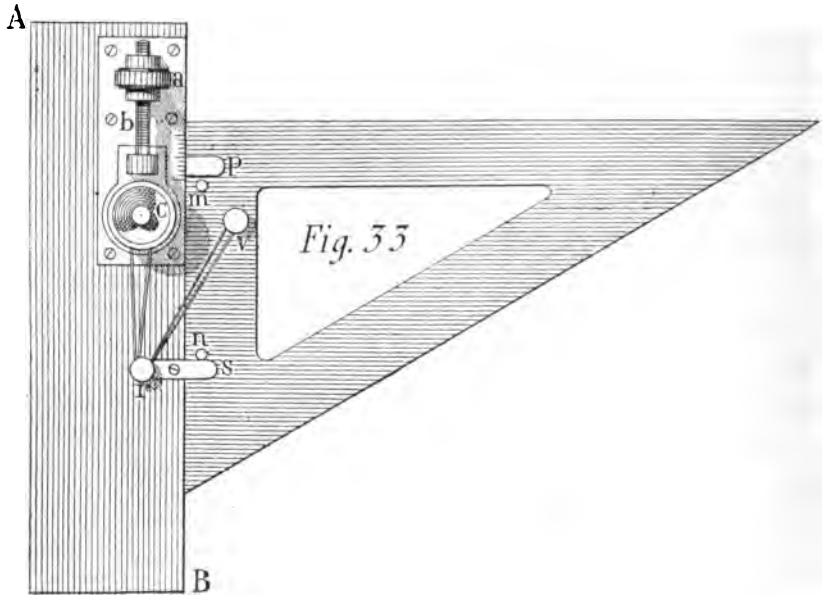


Fig. 33

mera *AB* es una regla corta, de dos y medio milímetros de grueso, en la cual van implantadas dos lengüetas, la *rs* fija y la *p* móvil; esta última se aproxima ó aleja de la otra lengüeta merced á un tornillo *b* de coincidencia que permite aumentar ó disminuir la distancia entre ellas según se dé vueltas á la tuerca *a* en uno ú otro sentido. El tornillo de presión *c* sirve para asegurar la inmovilidad de la lengüeta *p* en cuanto queda fijada la distancia que ha de mediar entre cada una de las paralelas, para cuyo

fin hay en el borde próximo una escala de milímetros y medios milímetros.

La otra pieza es un cartabón un poco menos grueso que la regla, con dos espigas de metal *m n* fijas, que al sobresalir de la superficie superior del cartabón sirven de tope á las respectivas lengüetas en el movimiento de avance ó retroceso que alternativamente se imprime á cada una de las piezas del aparato cuando se le hace funcionar.

La pequeña holgura que hay entre una de las lengüetas y el tope equivale á la distancia que haya de mediar entre cada dos paralelas del rayado, distancia que puede establecerse *a priori* mediante la escala antes mencionada.

47. *Funcionamiento del aparato.*—Antes de verificar un rayado, se afloja la tuerca de presión *c* y se coloca el cartabón ajustado á la regla de modo que las espigas-topes queden dentro del espacio comprendido entre las lengüetas. Se engancha en las cabezas de los tornillos *r* y *v* un pequeño tirante de caucho elástico, el cual, al mismo tiempo que favorece la adaptación de las dos plantillas, tira del cartabón hacia abajo hasta que el tope *n* tropieza con la lengüeta *s*. En este momento se mide sobre la escala la distancia que ha de mediar entre la otra lengüeta *p* y el tope *m*, igual á la separación calculada entre cada dos paralelas; se aprieta la tuerca de presión para impedir que dicha distancia varíe, y ya se tiene el aparato en disposición de funcionar.

Para verificar con éxito la operación de rayar, se prepara ante todo el tiralíneas, se adapta el cartabón á la primera línea de la serie de paralelas que se va á trazar, y se corre hacia abajo la regla con la mano izquierda hasta que la lengüeta *p* toque al tope *m*, teniendo mientras tanto sujeto con la derecha el cartabón; entonces se suelta éste, que, solicitado por el tirante, retrocede, hasta que el tope *n* toca en la lengüeta *s*, una distancia igual

á la que ha de haber entre cada dos paralelas, y sin levantar la mano izquierda de la regla, se sujeta con el dedo índice el cartabón, mientras con el tiralíneas en la mano derecha se traza la primera paralela de la serie.

La operación de correr hacia abajo la regla y de dejar que accione á su tiempo el tirante de caucho, ocasionando el retroceso del cartabón, se repite ordenada y sistemáticamente cuantas veces sea necesario trazar una nueva línea.

El dominio del aparato requiere algún tiempo de práctica para llegar á conseguir satisfactorios resultados.

48. Aparato para trazar paralelas proporcionales. —Con el título de «Máquina universal para dibujar» se conoce un ingenioso mecanismo, inventado en los Estados Unidos de América, que puede substituir con ventaja en la delineación de proyectos á la regla de te y á la combinación de regla y escuadra; ventaja que se traduce desde luego en considerable economía de tiempo.

El aparato (fig. 34) se compone de una cabeza *A* que puede trasladarse á cualquier punto del tablero, conservando siempre igual orientación de ejes merced á un sistema compuesto de dos paralelogramos *C B* y *B A*, formado cada uno de ellos de barras metálicas articuladas en forma tal, que las del primer paralelogramo se unen á la pieza *C* fija en el ángulo superior de la izquierda del tablero por un lado, y por el otro al círculo metálico *B*. Las del segundo paralelogramo se articulan en el mismo círculo y con la cabeza móvil *A*.

Esta última lleva un círculo dividido, alrededor del que se mueve un sistema de brazos *D* y *E*, invariablemente unidos en ángulo recto y en donde se colocan reglas con escalas diversas. Unos tornillos de presión convenientemente dispuestos, permiten fijar los brazos en la posición que se quiera.

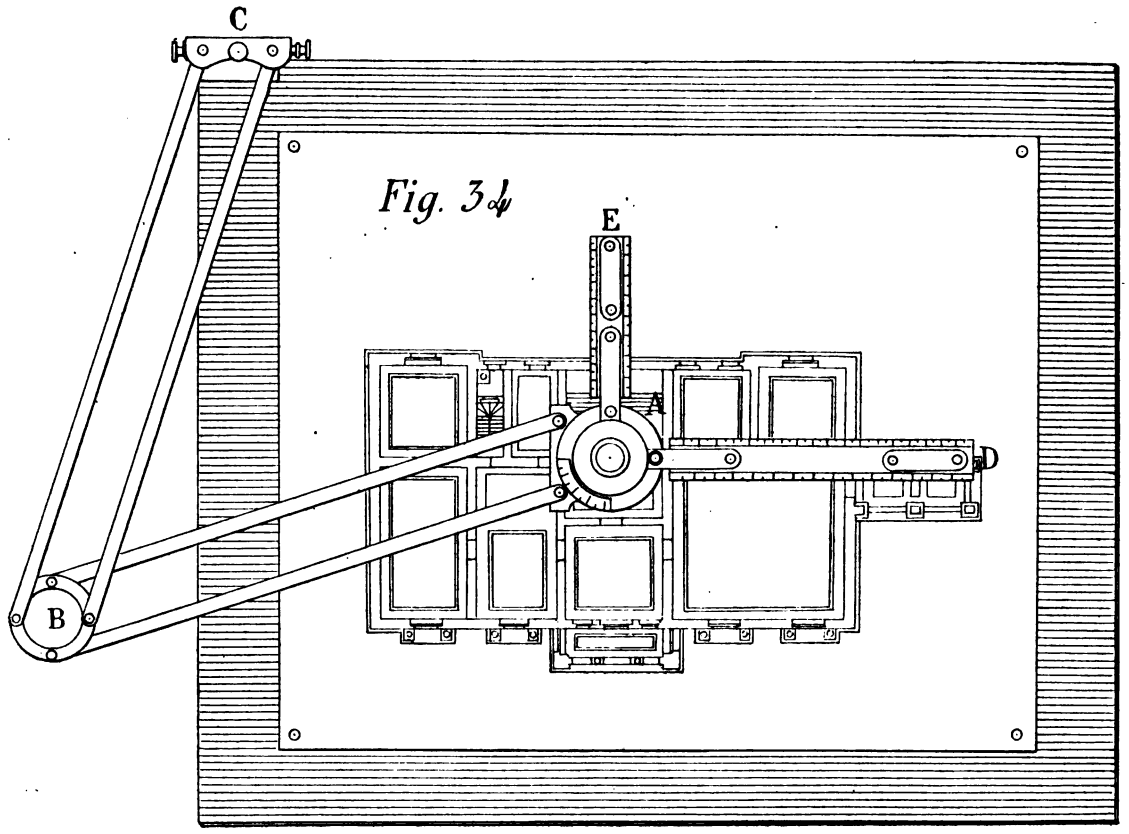


Fig. 34

Se comprende que de este modo es fácil trazar dos sistemas de líneas perpendiculares de longitudes determinadas, según las exigencias de la escala, en todas las zonas del dibujo, y esto por un sencillo movimiento de traslación, impulsando la cabeza *A* al sitio que fuere menester sin necesidad de quitar ni poner instrumento alguno.

Es evidente que con este aparato el trazado de líneas oblicuas se hace tan fácil como el de paralelas á los ejes del dibujo. Basta para ello mover los brazos *D* y *E* sobre el círculo dividido; para las aberturas de ángulos más usadas, como los de 16°, 40°, 30°, 45° y 60°, se han dispuesto resortes de parada que permiten un ajuste instantáneo. Las reglas graduadas, que representan distintas escalas, pueden cambiarse á voluntad.

De lo expuesto se infiere que la utilidad que el aparato puede prestar al trazado no sólo consiste en la rápida delineación de perpendiculares y paralelas de orientación variable, sino en la pronta y simultánea acotación de longitudes acomodadas á determinadas escalas. Pero donde especialmente se hace más patente dicha utilidad, es cuando el aparato se aplica á la delineación de objetos que hayan de proyectarse en perspectiva axonométrica.

Frente á las ventajas indicadas presenta este aparato el inconveniente de que, á causa de la escasa longitud de los brazos *D* y *E*, no sirve para el trazado de las grandes líneas que forman el encaje en conjuntos de alguna extensión.

CAPÍTULO III

Instrumentos que pueden utilizarse en la copia, reducción y ampliación de dibujos

49. En dos grupos pueden considerarse clasificados dichos instrumentos y aparatos. En el primero van incluídos el doble decímetro, las escalas, el compás llamado de reducción y el pantógrafo; instrumentos, algunos cuyo funcionamiento es puramente mecánico. En el segundo grupo se clasifican: el hyalógrafo, el diágrafo, el perspectartígrafo, la cámara clara, el hemerógrafo, la cámara obscura, la linterna de proyección, el megascopio y el epidascopio, aparatos éstos cuyo fundamento se estudia en la óptica.

50. Doble decímetro.— Este instrumento (fig. 35) consiste en una reglita de madera ó hueso, con los cantos biselados y un botón en el centro para manejarle. A lo largo de uno de los biseles hay una división de centímetros (en número de 20), que á su vez se subdividen en milímetros (en número de 200). En el otro bisel figura desde luego el mismo número de centímetros y milímetros, pero estos últimos divididos en mitades, por lo que este bisel (1) cuenta en total 400 divisiones de medio milímetro.

El doble decímetro sirve, en dibujo, como instrumento de medida para apreciar longitudes; pero además, y por eso se

(1) Algunos de estos instrumentos llevan en el segundo bisel una division de 7 pulgadas, subdivididas en 70 décimas y cada una de éstas en 5 centésimas.

le coloca en esta agrupación, presta servicios de escala cuando los términos que se comparan, referidos al metro, están expresados por la unidad sola ó por ésta seguida de ceros. Así, por ejemplo, en la expresión de escala *10 centímetros por metro*, se entiende que por cada metro lineal con que se mida el objeto en el natural, corresponderán á la copia diez centímetros, ó sea un decímetro también lineal.

Siguiendo este orden de consideraciones, los decímetros medidos en el modelo serán centímetros en la copia; por la misma razón, los centímetros también del modelo se considerarán como milímetros en la copia, y claro está que en este caso, bastante frecuente en la práctica del dibujo, el único instrumento que puede usarse en funciones de escala es el doble decímetro.

51. Escalas.—Sabido es que la ejecución de proyectos de arquitectura é ingeniería, y aun la de otros más modestos, ha de amoldarse á una relación de escala que se establece entre el tamaño natural del objeto y el de su representación en el dibujo.

De aquí la necesidad de construir escalas que respondan en cada caso á determinada razón de magnitud, necesidad que han satisfecho cumplidamente los constructores de instrumentos para el dibujo, proporcionando á ingenieros, arquitectos y dibujantes series de escalas dispuestas en forma y tamaño de doble y triple decímetro y acomodadas á las relaciones más usuales, que van consignadas al principio de la división grabada en cada bisel (1).

Las escalas se construyen en madera y marfil, pero las de uso más generalizado son las de boj barnizado, que aun-

(1) Del catálago de la antigua casa Valluerca Hermanos, de Madrid, proceden las relaciones de escala que se expresan á continuación: 1 : 10 — 1 : 20 — 1 : 15 — 1 : 25 — 1 : 30 — 1 : 50 — 1 : 75 — 1 : 125 — 1 : 150 — 1 : 200 — 1 : 250 — 1 : 300 — 1 : 350 — 1 : 400 — 1 : 500 — 1 : 625 — 1 : 700 — 1 : 1000 — 1 : 1250 — 1 : 1400 — 1 : 2000 — 1 : 2500 — 1 : 5000 — 1 : 6000 — 1 : 8000 — 1 : 10000 — 1 : 20000 — 1 : 25000 — 1 : 40000 — 1 : 50000.

Fig. 35

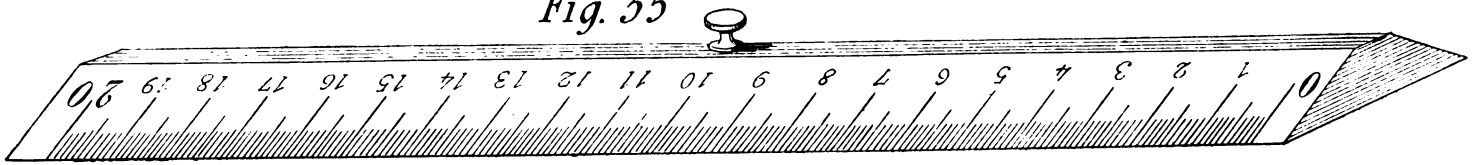
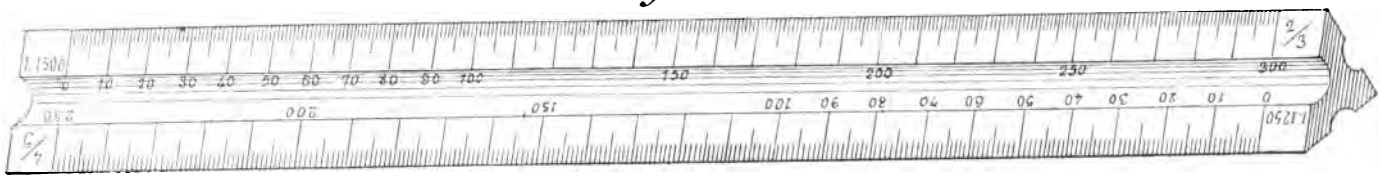

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Fig. 36


2/3
1:1250
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
150
200
250
300
1:1500
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
150
200
250
300
4/3

que de precio mucho menos elevado reúnen la misma claridad y perfección en el grabado de las divisiones, que las de marfil.

Dos formas de escalas se encuentran en el comercio; la de regla con dos biseles (fig. 35) y otras tantas relaciones de escala y las de forma prismática triangular con tres caras (fig. 36), conteniendo cada una dos distintas relaciones y reuniendo, como es consiguiente, un total de seis distintas escalas. Este modelo es el más solicitado, por la comodidad que ofrece su manejo y por reunir en poco volumen seis distintas relaciones de escalas, á saber: 1 : 500 — 1 : 1000 — 1 : 1250 — 1 : 1500 — 1 : 2000 — 1 : 2500.

52. Teniendo en cuenta que las escalas usadas en España están divididas con arreglo al sistema métrico decimal, cuya unidad de longitud es el metro, es fácil determinar en cualquier caso la equivalencia de una escala cualquiera con dicha unidad.

Sea, por ejemplo, la expresión de escala 1 : 2500. El metro, según esta escala, se halla dividido en 2500 partes, de las cuales 500 corresponden al doble decímetro, y cada una representa un metro. El centímetro abarca 25 divisiones; según esto, el decímetro representa 250 metros, el centímetro equivale á 25 metros, y el milímetro á 2,5 metros.

Si en la expresión 1 : 2500 se supone suprimido un cero (1), se convertirá en 1 : 250. Esta supuesta supresión

(1) La expresión 1 : 2500 puede considerarse equivalente á la fracción $\frac{1}{2500}$; la cual, al suprimir un cero de su denominador, queda multiplicada por 10, y en general por la unidad seguida de tantos ceros, cuantos sean los suprimidos en dicho denominador ó cifras de la derecha se separen con una coma.

De aquí el que á medida que disminuya el segundo término de la expresión de escala 1 : 2500, el valor de ella va acercándose al de la unidad, debiéndose tener en cuenta que expresiones como esta, representan y suponen escalas de reducción.

Si se consideran invertidos los términos en esta forma, 2500 : 1 ó $\frac{2500}{1}$, la escala será de ampliación y su valor irá disminuyendo, aproximándose también á la unidad, á medida que se vaya dividiendo por la unidad seguida de ceros el término 2500, que en este caso corresponde al numerador.

sólo afectará á la equivalencia de las diferentes órdenes de unidades que en la escala se consideran. Así, permaneciendo el metro dividido en 2500 partes, seguirán correspondiendo al doble decímetro 500; pero representará cada una un decímetro. El centímetro entonces comprende 25 divisiones y el decímetro equivale á 25 metros, cada centímetro á 25 decímetros y cada milímetro de la escala á 25 centímetros naturales.

Suprimiendo otro cero, se convertirá la anterior expresión en 1 : 25. En este supuesto, sigue el metro considerándose dividido en 2500 partes, de las cuales corresponden 500 al doble decímetro, representando cada una de ellas un centímetro. El centímetro abarca 25 divisiones. El decímetro equivale á 2,50 metros, cada centímetro de la escala á 25 centímetros naturales y cada milímetro á 25 milímetros.

Por igual procedimiento se puede obtener la expresión 1 : 2,5 según la cual, el metro se considera dividido, como en las anteriores, en 2500 partes, de las que corresponden 500 al doble decímetro, representando cada una un milímetro. El centímetro abarca 25 divisiones. El decímetro equivale á 2,5 decímetros; cada centímetro de la escala á 2,5 centímetros naturales, y cada milímetro á 2,5 milímetros.

Con el anterior ejemplo se demuestra el partido que puede sacarse de las escalas prismáticas, puesto que, sin agotar el tema, se pueden obtener, mediante sencillas transformaciones, 24 escalas de reducción y otras tantas de ampliación que pueden aplicarse en la práctica valiéndose de un mismo instrumento. Sólo así puede comprenderse que en manos de quien sepa usarle, un instrumento-escala prismático de los anteriormente descritos equivale á disponer de 48 escalas distintas.

53. Entre los varios modelos de escalas que pueden encontrarse en el comercio de artículos de dibujo, merece

citarse uno, que usan los arquitectos con preferencia. Tiene, como las demás escalas, forma de regla doblemente biselada, pero su longitud es un poco mayor de 30 centímetros.

En uno de los biseles se lee la expresión 0,03, con arreglo á la cual la longitud de 30 centímetros aparece dividida en 10 partes iguales. Cada una de estas partes equivale á 3 centímetros, y está subdividida en otras diez también iguales de á 3 milímetros cada una, y aun cada una de éstas se halla á su vez dividida en 5 partes iguales de á 6 diezmilímetros cada una.

Los tres decímetros del otro bisel, conforme á la expresión 0,015, se hallan divididos en 20 partes iguales, de á centímetro y medio cada una ó sean 15 milímetros, y subdividida, cada una de estas 20 partes, en 10 también iguales que equivalen cada una de ellas á milímetro y medio; es decir, 15 diezmilímetros. Por último, cada parte de á 15 diezmilímetros se divide en dos, equivaliendo una de ellas á siete y medio diezmilímetros ó sean 75 cienmilímetros.

Estas escalas lo mismo sirven para reducir que para ampliar; por consiguiente se pueden deducir de ellas, sometiéndolas al procedimiento indicado en el anterior ejemplo **(52)**, dos series de nuevas escalas, que se convertirán en cuatro según se consideren los términos 0,015 y 0,03, precediendo ó siguiendo á la unidad. Así las bases de la 1.ª y 2.ª serie se expresarán por 0,15 : 1 (escala de reducción) y 1 : 0,15 (escala de ampliación). Las bases de la tercera y cuarta serie estarán expresadas respectivamente por 0,03 : 1 y 1 : 0,03; escala de reducción la 1.ª y de ampliación la 2.ª

54. Compás de reducción.—Este compás, que también se conoce con el nombre de compás de proporción, se compone (fig. 37) de dos brazos *A D* y *B E* terminados por los cuatro extremos en puntas de acero. Ambos brazos presentan una ranura en sentido longitudinal, por la que puede correr, estando el compás cerrado, una pieza que, provista de

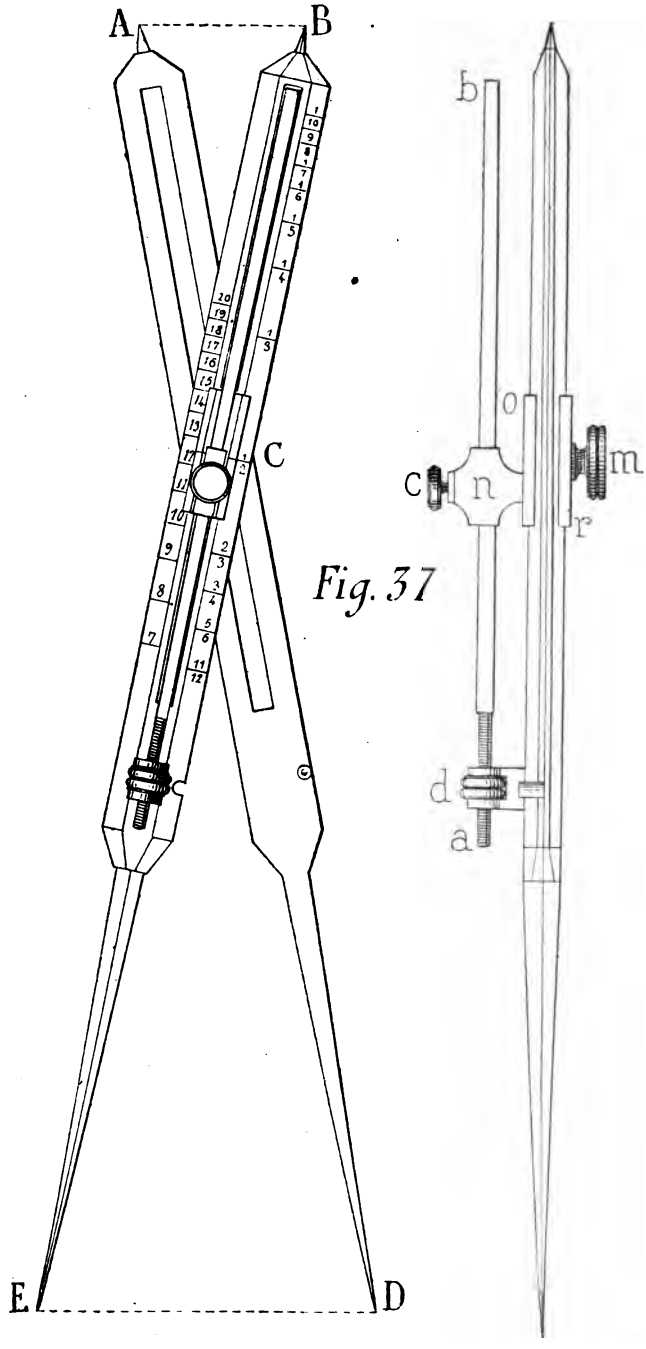


Fig. 37

un tornillo de presión, puede fijarse en una cualquiera de las líneas de división que se ven grabadas á uno y otro lado de la ranura en uno de los brazos, el *B E*.

Las divisiones que se extienden á la izquierda de la ranura van señaladas con números que expresan la serie de fracciones $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$ y $\frac{11}{12}$. Cuando la línea de fe coincida con cualquiera de estas divisiones y se abra el compás, la razón de las distancias *C E* y *C B*, será igual á la que puede formarse con las longitudes *E D* y *B A*; cuya razón estará expresada por la fracción que figure junto á la división con que se haya hecho coincidir la citada línea fe (1). La igualdad de las indicadas razones es evidente, puesto que por la semejanza de los triángulos *A B C* y *C D E*, se verifica que

$$\frac{CE}{CB} = \frac{ED}{BA}.$$

Al lado derecho de la ranura, sobre el mismo brazo *B E*, se ve otra serie de divisiones acompañadas de los números 20, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8 y 7. Estos números indican el de partes iguales en que se puede dividir una circunferencia ó el número de lados que tendrá el polígono regular que se construya empleando el compás de reducción, según más adelante se verá.

55. Como ejemplo de lo que puede hacerse con el instrumento descrito y para imponerse en su manejo, el que lo necesite, pueden resolverse los problemas que á continuación se proponen, cuya aplicación, en la práctica del dibujo, resulta de indiscutible utilidad.

1.° *Dividir una recta en partes iguales.*—Sea cinco

(1) En la figura 37 coincide la línea de fe con la división correspondiente á $\frac{1}{2}$; por tanto, una vez ajustado el tornillo de presión *m* y abierto el compás, á cualquier separación de las puntas *ED* corresponderá otra igual á $\frac{1}{2}$ *ED* en *AB*. Es decir, que la distancia entre *E* y *D* es doble de la que media entre *A* y *B*.

el número de partes en que se quiere dividir la recta dada (1). Se coloca la pieza móvil de manera que la línea de fe (2) coincida con la división $\frac{1}{5}$, se abre el compás de manera que las puntas D y E se ajusten á los extremos de la recta que se va á dividir, se hace funcionar la tuerca de presión m, y la distancia que resulte entre los puntos A y B corresponderá á la quinta parte de la recta $D\,E$. De modo que llevando dicha longitud $A\,B$ sobre la $D\,E$ cabrá cinco veces justas en ella, quedando ésta sin más operación que la de señalar puntos, dividida en cinco partes iguales.

Pudiera suceder que, bien por defecto ó por exceso, la quinta parte AB no estuviere contenida exactamente en EB. En este caso, se afloja la tuerca m, se ajusta el tornillo c y se hace funcionar la tuerca d de izquierda á derecha para aumentar la longitud $A\,B$, ó al contrario para disminuirla según fuere necesario.

2.° *Dividir una circunferencia en partes iguales, dado el radio.*—Sea de n milímetros la longitud del radio con que se ha descrito la circunferencia, y 11 el número de partes iguales en que ésta se ha de dividir.

Se hace coincidir con la mayor exactitud la línea de fe con la de división que á la derecha de la ranura lleva el número 11, valiéndose del tornillo de aproximación ab. Se ajusta la tuerca de presión m, se abre el compás de modo que la distancia entre las puntas D y E mida n milímetros, y entonces la distancia comprendida entre las puntas A y B corresponderá á la cuerda que se puede colocar 11 veces justas en la circunferencia descrita con radio de n milímetros.

3.° *Dada la longitud de una cuerda que haya de estar contenida* n *veces en una circunferencia, determinar la*

(1) El número de partes iguales ha de estar comprendido entre 2 y 10, ambos inclusive.

(2) La línea de fe se encuentra grabada en los biseles de la pieza móvil *ro*. El ajuste exacto de esta línea con una cualquiera de las divisiones, se verifica mediante el tornillo de coincidencia *ab* (fig. 37).

longitud del radio de ésta.—Sean 25 milímetros los que mide la cuerda dada que ha de caber 9 veces en una circunferencia. Para determinar su radio, se hace coincidir exactamente la línea de fe con la división marcada con el n.° 9, se ajusta la tuerca de presión *m* y se abre el compás colocando las puntas *A* y *B* en los respectivos extremos de una recta que mida 25 milímetros. Entonces la distancia que medie entre las puntas *D* y *E* será la que corresponde al radio, quedando el problema reducido á describir con este radio una circunferencia en la cual estará contenida 9 veces la cuerda de 25 milímetros.

4.° *Dado un lado, construir un polígono regular, desde 7 hasta 20 lados, ambos inclusive.*—Sea la longitud del lado 16 milímetros, y 10 el número de los lados que han de formar el polígono.

Se hace coincidir la línea de fe con la división marcada con el n.° 10, se ajusta la tuerca de presión y se abre el compás hasta que la distancia entre las puntas *A* y *B* mida 16 milímetros. Entonces la longitud comprendida entre las puntas *D* y *E* corresponderá al radio de una circunferencia que, una vez descrita, podrá contener 10 veces como cuerda el lado dado, pudiéndose ya, sin más, trazar el decágono regular propuesto inscripto en dicha circunferencia.

5.° *Reducción de un dibujo con arreglo á determinada escala.*—Sea $\frac{1}{3}$ la expresión de escala; lo que indica que cada longitud que se tome en el original ha de quedar reducida, al ser trasladada á la copia, á su tercera parte. Para facilitar dicha operación sirve el instrumento de que se trata. Basta colocar la pieza móvil de manera que la línea de fe coincida con la de división correspondiente á la fracción $\frac{1}{3}$, teniendo cuidado de ajustar la tuerca *m*. Después se toman las medidas del original con las puntas *D* y *E* del compás y se traslada á la copia, en lugar de esta medida, la comprendida entre las puntas *A* y *B*; operación por demás sencilla, que habrá de repetirse cuantas veces sea necesario

trasladar medidas homólogas del dibujo original á la copia.

6.° *Ampliación de un dibujo en una escala dada.*—Este caso es análogo al anterior para la utilización del compás, y únicamente se diferencia en que, por tratarse de una ampliación, habrá que invertir los términos de la razón $\frac{1}{3}$ en esta forma, $\frac{3}{1}$. Lo cual supone, que cada unidad de longitud que se aprecie en el original resultará ampliada tres veces, al trasladarla al respectivo lugar de la copia.

La operación se hace tomando las medidas del original con las puntas del compás A y B, y verificando el traslado de dichas medidas á la copia con las puntas D y E; al contrario de lo que se indicó en el caso de reducción de dibujos.

7.° *Determinar la relación de escala que puede existir entre dos dibujos semejantes.*—La solución de este problema se reduce á encontrar la escala que ha servido para trazar la copia conociendo una longitud homóloga del dibujo original. Por consiguiente, la cuestión se concreta, cuando la copia es reducción, á colocar el compás de modo que las puntas A y B coincidan con los extremos de una longitud cualquiera de esta copia y las D y E, ál mismo tiempo, con los extremos de la longitud homóloga en el original. Al contrario, si la copia es ampliación, las puntas D y E se harán coincidir con una longitud de la copia y las A y B con su homóloga del original.

Esta operación ha de verificarse mediante sucesivos tanteos, corriendo la pieza móvil en uno ú otro sentido, para conseguir la adaptación simultánea de las cuatro puntas del compás en los extremos del par de longitudes homólogas tomadas como base de comparación.

Puede ocurrir que al adaptar simultáneamente las puntas del compás á longitudes homólogas en la copia y original, la línea de fe coincida ó no con una de las divisiones fraccionarias que figuran á la izquierda del brazo BE. Si coincide, la operación habrá terminado con la lectura de dicha fracción, que será la expresión de la escala que se busca, siempre

que la copia se considere reducción del original; en el caso de que se considere ampliación, los términos de la razón deben invertirse.

Si después de la adaptación simultánea de las puntas del compás en la forma arriba indicada, la línea de fe se encontrase entre dos líneas de división, por ejemplo, entre las que marcan $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{2}$, se tomará con las puntas E y D una longitud igual 100 milímetros y ajustando la tuerca de presión se medirá en el doble decímetro la distancia que hay entre las puntas A y B. Suponiendo que esta distancia sea de 43 milímetros, la expresión de escala será $\frac{43}{100}$.

Cuando la copia sea ampliación del original, se tomará con las puntas A y B la medida del original y con las E y D la homóloga de la copia, y suponiendo como en el anterior ejemplo, que la línea de fe, en el momento de estas coincidencias, viniera á quedar situada entre las divisiones $\frac{2}{3}$ y $\frac{3}{4}$, se tomarán 100 milímetros con las puntas A y B, y ajustando la tuerca de presión, se medirá entonces la distancia que hay entre las puntas E y D, la cual, por ejemplo, será de 142 milímetros; pues bien: la expresión de la escala será en este caso $\frac{142}{100}$.

Aquí se da por terminada la descripción y uso de este utilísimo instrumento, pues con lo expuesto basta para demostrar el partido que de él pueden sacar los aficionados á estudiarle por el lado práctico. Los dibujantes que se dedican á la perspectiva axonométrica encontrarán en este compás una herramienta insubstituible, por el ahorro de tiempo y abundancia de facilidades que puede proporcionarles al verificar los trazados correspondientes á esta parte del dibujo geométrico.

56. Pantógrafo.—Este complicado instrumento sirve lo mismo para la reproducción de un dibujo al tamaño del original que para su reducción ó ampliación en una escala dada.

Su estructura se compone de un sistema de reglas articuladas, en el cual se consideran, como elementos esenciales, un punto de apoyo fijo, un portalápiz para el trazado de la copia y una punta de acero para recorrer las líneas del original.

Se funda la teoría del pantógrafo (fig. 38) en que, si se suponen dos reglas $A\,C$ y $A'\,C'$ unidas mediante articulaciones á otra $P\,A$, formando un sistema que pueda girar alrededor del punto P conservándose la condición de paralelismo entre las reglas $A\,C$ y $A'\,C'$, cuyas longitudes son proporcionales á las distancias de P á las articulaciones respectivas, sus extremos C y C' estarán siempre en línea recta con P, cualquiera que sea la posición que tomen los citados

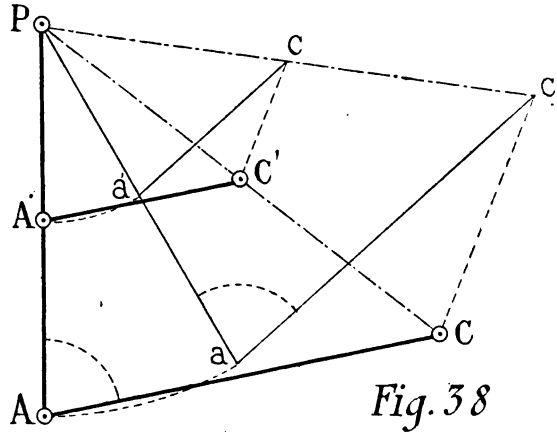


Fig. 38

puntos al girar el sistema alrededor de P; principio que está fundado á su vez en la teoría de líneas proporcionales, en virtud del cual se puede formar la proporción:

$$\frac{P\,a}{P\,a'} = \frac{P\,c}{P\,c'};$$

pero como por hipótesis se supone

$$\frac{P\,A}{P\,A'} = \frac{P\,C}{P\,C'},$$

y como además las primeras razones de estas igualdades son una misma, se tendrá:

$$\frac{PC}{PC'} = \frac{Pc}{Pc'};$$

con lo cual se demuestra que las rectas Cc y $C'c'$ son paralelas y están en la relación constante de $\frac{PA}{PA'}$;

De lo expuesto se deduce que, suponiendo situada la punta de un lápiz en C' y la de un estilete en C, cuando la punta del estilete recorra la recta Cc la del lápiz habrá trazado otra recta $C'c'$ paralela á ella y en la relación $\frac{PA}{PA'}$; por tanto, cuando la punta del estilete recorra los diferentes lados de un polígono cualquiera, la del lápiz trazará otro semejante por tener los lados paralelos y en la misma relación, que puede establecerse de antemano variando la posición de las articulaciones A y A' respecto á P.

No cabe la menor duda de que las curvas recorridas simultáneamente por el estilete C y el lápiz C' resultan también semejantes; puesto que pueden considerarse como límites de líneas poligonales.

Fundados en las condiciones expuestas, se han construído varios tipos de pantógrafos destinados principalmente á la reducción de planos en una escala determinada. Entre ellos son dignos de mencionarse, por orden cronológico, los pantógrafos de Gavard, el decimal y el de Coradi.

57. **Descripción del pantógrafo de Gavard.**—Este aparato se compone (fig. 39) de dos reglas metálicas AC y DB unidas á otra en C y en D por medio de articulaciones, las cuales son ejes cilíndricos y verticales de acero que en su parte inferior llevan un taladro horizontal donde se introduce el destornillador para armar y desarmar el aparato y también para ajustar las reglas, terminando por la parte superior en una rosca, á la que se atornilla una tuerca de disco.

Una cuarta regla *A' B'*, igual en longitud á la parte *C D* de la *C K*, va unida (mediante articulaciones análogas á las descritas) á dos abrazaderas de metal *A'* y *B'*, que permiten mover dicha regla, sin que deje de ser paralela á la *A C*, á lo largo de las *A C* y *B D*, pudiéndose formar en todas las posiciones un paralelogramo *A' B' D C*, en el cual los cuatro ángulos y las distancias *C A'* y *D B'* son variables.

Hacia el extremo *A* de la regla *C A* corre otra abrazadera *P* con su correspondiente tornillo para asegurarla en un punto determinado de la regla. Esta abrazadera lleva además un taladro donde se introduce un eje vertical de acero, el cual tiene en su extremo inferior una rosca que se atornilla en su correspondiente tuerca dispuesta en un pie de hierro *H*, el cual sirve de soporte, mientras el sistema de reglas que forma el aparato gira alrededor del eje vertical antes mencionado.

La abrazadera *C'*, se mueve á lo largo de la regla *A' B'* y también puede fijarse mediante un tornillo de presión en el punto que se desee. En esta abrazadera se coloca, tratán-

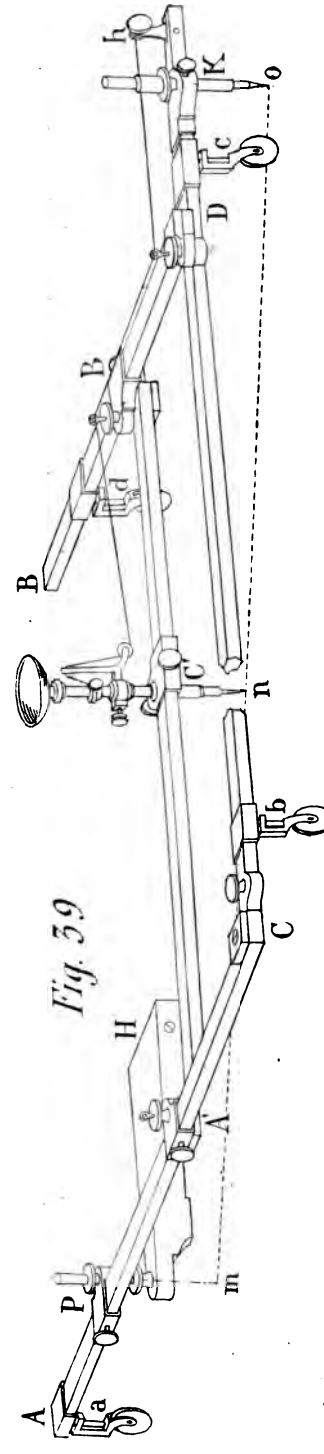


Fig. 39

dose de reducciones, el portalápiz, encima del cual hay una tacilla donde se colocan perdigones para graduar la presión del lápiz al verificar los trazados. También se puede levantar éste del tablero en un momento dado, por un movimiento de báscula, tirando de un cordoncito que desde el extremo K se comunica con el portalápiz mediante una combinación de poleas. En K, prolongación de la regla CD, hay un taladro vertical donde se ajusta mediante el respectivo tornillo de presión un cilindro de acero terminado por la parte inferior en una punta ó estilete llamado *calcador*, cuyas funciones consisten en recorrer las líneas del original.

El sistema de reglas de que se forma el aparato, se apoya en cuatro ruedecitas de marfil a, b, c, d, las cuales van montadas sobre armaduras que permiten dos movimientos combinados, uno de ellos al rededor de un eje vertical de que va provista la armadura. Sobre estas ruedas puede deslizarse el aparato en cualquier sentido, según el movimiento que se le imprima con la mano aplicada al calcador.

La longitud de la regla BD es igual á la parte de la AC comprendida desde el extremo C hasta el *cero*. Á partir de este punto en la AC, del extremo B en la BD, y del A' en la $A'B'$, se ven señaladas en las mismas tres reglas divisiones $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{15}$, $\frac{1}{12}$ etc.

58. Colocación del pantógrafo en disposición de funcionar.—Con objeto de reducir lo más posible el tamaño del estuche que contiene el pantógrafo desarmado, el pie H está desmontado, el portalápiz y el calcador levantados de sus respectivos sitios y colocados separadamente en el estuche, de la misma manera que lo están en el lugar á ellas destinado las ruedecitas sobre las que se mueve el aparato. Con el mismo objeto, la abrazadera B' está separada del sitio que ocupa en la regla BD y colocada en el extremo A de la regla AC.

Por consiguiente, para armar el pantógrafo hace falta

colocar la abrazadera B', sobre la regla $B\,D$, en su lugar normal. Después se colocan las cuatro ruedas a, b, c, d, en las reglas, tal como se ven en la figura 39, se da al pie H la situación que haya de ocupar en el tablero y se colocan en sus sitios respectivos el portalápiz y el calcador.

La abrazadera P de la regla $A\,C$, que lleva la pieza de rotación del pantógrafo, debe fijarse sobre dicha regla y lo más exactamente posible encima de la línea de división señalada con el cero.

Las abrazaderas A' y B' que corren á lo largo de las respectivas reglas $A\,C$ y $B\,D$, deben tenerse flojas hasta el momento en que se determina la relación de escala, así como también la abrazadera del portalápiz. Una vez convenida dicha escala, se fijarán las abrazaderas en la división correspondiente á ella mediante los respectivos tornillos de presión.

Colocado el aparato, según se representa en la fig. 39, sobre una mesa cuyo tablero esté bien plano y perfectamente nivelado, dispuestos según queda indicado el eje de giro, el lapicero y el calcador, y seguros de que todos los movimientos se ejecutan con facilidad (1), se fijará la relación de escala que ha de haber entre la copia y el original; suponiendo que ésta sea $\frac{1}{3}$, se moverá la regla $A'\,B'$ paralelamente á la $C\,D$ hasta que las respectivas líneas de fe de las abrazaderas A' y B' coincidan con las divisiones $\frac{1}{3}$ de las reglas $A\,C$ y $B\,D$. Después se llevará la abrazadera C' á lo largo de la regla $A'\,B'$ hasta colocarla coincidiendo su línea de fe con la división $\frac{1}{3}$. Al mismo tiempo, se harán coincidir exactamente con los *ceros* (2) de las reglas $A\,C$ y $C\,D$ las

(1) Aun en los pantógrafos mejor construídos, el movimiento que se imprime desde el calcador no se comunica al aparato con la limpieza que fuera de esperar; pues resulta influído por la resistencia que ofrecen alguna ó algunas de las ruedecitas á quienes el empuje encuentra atravesadas y, por tanto, en mala situación para rodar. En cambio, cuando llegan á encarrilarse, desaparece de pronto el obstáculo, lo cual redunda en perjuicio del trazado, donde se reflejan las oscilaciones del aparato. Esto podría remediarse substituyendo las ruedas por esferas convenientemente dispuestas.

(2) Se llaman ceros las divisiones que figuran en P y en K.

respectivas líneas de fe de las abrazaderas P y K, ajustando de paso los tornillos de presión de las abrazaderas P, C y K.

Dispuesto el aparato de modo que el original esté situado en K y la copia en C', ésta resultará reducida á $\frac{1}{3}$ del original; pero si se quiere ampliar la copia de dicho original, haciéndola tres veces mayor, al invertir los términos de la razón en la forma $\frac{3}{1}$ habrá que trasladar el pie H á C' y el lápiz á P y colocar las abrazaderas A' y B' de modo que dividan las distancias PC y BD en partes proporcionales á los números que indican la relación de escalas. Así, para copiar en escala triple el modelo, se hará que las distancias PA' y BB' resulten respectivamente tres veces mayores que las $A'C$ y $B'D$. De aquí se deduce que cuando se quiera reproducir un dibujo en igual tamaño respecto de otro, se colocarán las abrazaderas A' y B' equidistantes respectivamente de los extremos PC y BD, situando, por supuesto, el lápiz en P y el eje de giro en C'.

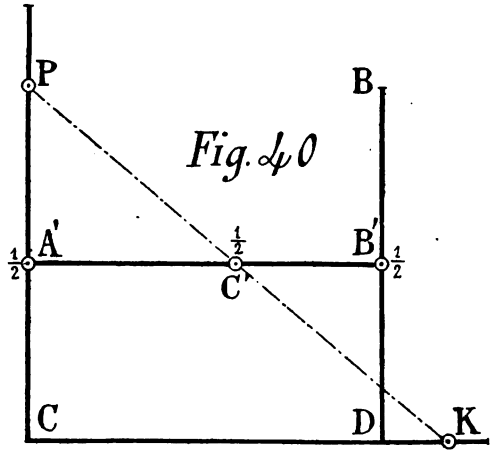
59. Verificaciones y correcciones.—Las causas de imperfección que pueden manifestarse en este aparato y las verificaciones y correcciones á que haya lugar son las siguientes:

1.ª Que estando bien establecidas las divisiones de las tres reglas y exactamente colocadas en sus respectivos sitios las abrazaderas A', C' y B' (fig. 40), con arreglo á la escala $\frac{1}{2}$, por ejemplo, los tres puntos P, C' y K no se hallen en línea recta, lo que será fácil comprobar mediante el canto de una regla ó sujetando á los extremos P y K un hilo tirante, que en este supuesto no tocará al C'.

Entonces el error puede provenir de que la punta del lápiz no sea la proyección del eje del lapicero por estar irregularmente afilado, lo que se conocerá si, haciéndole girar sobre sí mismo, traza la punta una pequeña circunferencia en lugar de un punto, en cuyo caso se procederá á afilarle

nuevamente. Pero si, á pesar de estar el lápiz bien afilado, su punta no se halla en línea recta con los *ceros,* es señal de que la regla A' B' está mal dividida, y entonces habrá necesidad de correr la abrazadera C' hasta que la punta del lápiz se encuentre en un punto de la línea recta tendida entre los P y K.

2.ª Que estando el lápiz enfilado con la recta que une los puntos P y K no se verifique la coincidencia exacta de la



línea de fe con la división que señala la escala designada. En este caso resultarán en la copia líneas más largas ó más cortas que las homólogas de las recorridas por el calcador en el original.

Para corregirlo, se aflojarán los tornillos de las abrazaderas A' y B', y se aproximará ó alejará según sea necesario la regla A' B' paralelamente á la C K, hasta que por sucesivos tanteos se dé con la situación exacta. Esta situación de la regla A' B' se habrá hallado cuando sin dejar de estar en línea recta los puntos P, C' y K, la recta recorrida por el calcador y la dibujada al mismo tiempo por la punta del lápiz se ajusten á la escala fijada.

60. Determinación de una escala que no conste en

las divisiones del pantógrafo. — Procediendo de igual modo que el indicado para la corrección del aparato en el 2.° caso, es fácil establecer una relación cualquiera, distinta de las que marcan las divisiones de las reglas PC BD y $A'B'$.

Sea dicha relación $\frac{m}{n}$. Se miden las longitudes constantes PC y CK (fig. 40), las que respectivamente pueden, designarse por a y b; llamando entonces x é y á las PA' y $A'C'$, se tendrá la serie de razones iguales

$$\frac{x}{a} = \frac{y}{b} = \frac{m}{n}$$

de las que resultan las fórmulas,

$$x = a \times \frac{m}{n}; \qquad y = b \times \frac{m}{n}.$$

En el caso de que el eje de rotación se traslade á C' y el lapicero á P, es decir, cuando se trate de ampliar la copia respecto del original, se puede formar la proporción

$$\frac{PA'}{A'C} = \frac{PC'}{C'K},$$

ó también

$$\frac{PA'}{PC} = \frac{PC'}{PC' + C'K},$$

de la cual, después de substituir valores, resulta:

$$\frac{x}{a} = \frac{m}{m+n}$$

de donde

$$x = a \times \frac{m}{m+n};$$

obteniéndose, de igual manera,

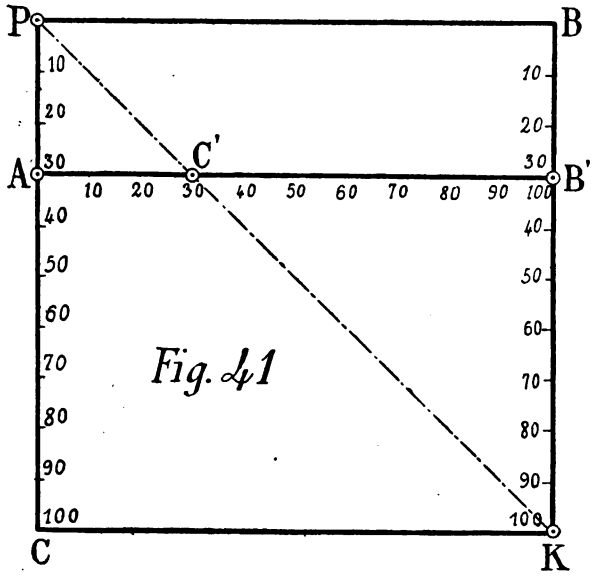
$$y = b \times \frac{m}{m+n},$$

siempre que se considere

$$\frac{x}{a} = \frac{y}{b} = \frac{m}{m+n}.$$

Estas fórmulas son las mismas de que se valen los constructores para señalar divisiones en las reglas.

61. Pantógrafo decimal.—Se diferencia del de Gavard, en que los extremos P y B de las respectivas reglas $P\ C$ y $B\ K$ (fig. 41) están unidos por la regla $P\ B$ mediante articu-



laciones. Además, las cinco reglas que forman el aparato son iguales y miden un metro precisamente. Por consiguiente, en todas las posiciones que pueden tener se formará con ellas un rombo, ó bien un cuadrado en el caso particular en que las reglas sean perpendiculares entre sí.

La regla $A\ B'$ puede moverse á lo largo de las $P\ C$ y $B\ K$ mediante abrazaderas que unidas á los extremos A y B' por articulaciones, permiten á dicha regla, sin dejar de ser paralela á la $C\ K$, adaptarse á todas las posiciones que

vayan tomando las demás en el curso del funcionamiento del aparato.

La división de las reglas *P C* y *B K* está hecha en decímetros, centímetros y milímetros partiendo de los respectivos puntos *P* y *B*. La misma división decimal corresponde á la regla móvil *A B'* á partir del extremo *A*.

El calcador va siempre en *K* sobre el original. El eje de rotación y el lapicero pueden permutarse, colocando el lápiz en *C'* y el eje de rotación en *P* cuando la copia haya de ser reducción, y, por el contrario, el lápiz en *P* y el eje de rotación en la regla *A B'* cuando se trate de obtener una ampliación del original.

Este instrumento tiene las mismas propiedades y está sujeto á las mismas leyes que el pantógrafo de Gavard; pero es de uso más cómodo y de mayor aplicación por el gran número de divisiones que, ajustadas al sistema métrico decimal, permiten establecer gran número de relaciones de escala entre el original y la copia. Un ejemplo bastará para comprender su manejo.

Sea 30 por 100 la expresión de la escala en que se ha de verificar la copia, respecto del original. Esto supone que á cada longitud de 100 milímetros del original corresponde otra de 30 milímetros situada homólogamente en la copia.

Se dispone el aparato (fig. 41) corriendo la regla *A B'* paralelamente á sí misma hasta que las respectivas líneas de fe de las abrazaderas situadas en *A* y *B'* coincidan con las divisiones que marcan los 30 centímetros en las dos reglas *P C* y *B K*. Al mismo tiempo, se correrá por la regla *A B'* la abrazadera *C'* que sostiene el portalápiz, hasta que su línea de fe coincida con la de división correspondiente á 30 centímetros. Hecho esto, se ajustan los tornillos que sujetan las abrazaderas *A*, *B'* y *C'*; se coloca el papel que ha de contener la copia en *C'*, lugar del lapicero, y el original en *K*, debajo del calcador, y ya está el aparato en disposición de funcionar.

Si la escala fuese de ampliación, por ejemplo 150 por 100, se cambiaría desde luego el eje de rotación, con el soporte en el punto C' y el lapicero en P.

En un papel cuadriculado al milímetro, se dibujará, en la forma que indica la figura 42, el decímetro cuadrado $C\,P\,B\,K$, uno de cuyos lados, el $P\ B$, se prolongará de B hacia Q, tomando en esta prolongación cinco divisiones de á centímetro, resultando así la línea $P\,Q$ de 150 milímetros.

Después se trazarán la diagonal $P\,K$ y la recta $C\,Q$, obteniéndose en la intersección de ellas el punto C'.

Preparado así el diagrama (fig. 42), se observará que por

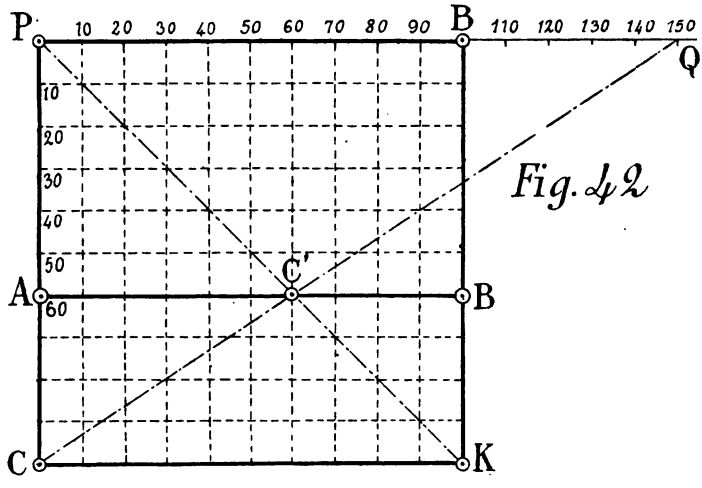


Fig. 42

ser semejantes los triángulos $P\ Q\ C'$ y $C'\ K\ C$, el punto C' divide las rectas $C\ Q$ y $P\ K$ en partes proporcionales á 150 y 100, correspondiendo al mismo tiempo á la situación del eje de giro del pantógrafo. Así es que, trazando por C' la recta AB' paralela á la PB, se tendrá determinada en dicho diagrama no tan sólo la situación que ha de ocupar la regla $A\ B$, sino también sobre ella el punto C' donde ha de colocarse el eje de giro.

Con esta sencilla operación gráfica, realizada en un diagrama donde está el pantógrafo decimal representado á un

décimo, puede apreciarse la situación del punto C' por la longitud $A\ C' = 60$ centímetros contada en la recta $A\ B'$. De consiguiente, para preparar el pantógrafo en este caso, se correrá paralela á la $P\ B$ la regla $A\ B'$, dejando entre las dos una distancia $P\ A = 60$ centímetros. La abrazadera correspondiente al eje de giro, se colocará en C' distanciada de A' otros 60 centímetros, puesto que las coordenadas 60, C' y $A\ C'$ son iguales por corresponder á los lados del cuadrado $A\ C'\ 60\ P$.

En resumen: cuando la relación de escala $\frac{m}{n}$ sea de ampliación, la longitud m se tomará desde P hacia Q (fig. 42) en la prolongación de $P\ B$, y la constante n de C á K.

Trazadas las rectas $C\ Q$ y $P\ K$, se hallará en su intersección C' la situación del eje de giro, correspondiendo la del lápiz á P y la del calcador á K.

En el caso particular de que hubiera de hacerse la copia al mismo tamaño del original, se colocaría el eje de giro en el punto de intersección de las diagonales $P\ K$ y $B\ C$, puesto que entonces $\frac{m}{n} = \frac{100}{100}$.

Las verificaciones y correcciones del pantógrafo decimal son análogas á las que se han expuesto al tratar del pantógrafo de Gavard.

62. Pantógrafo de Coradi.—En este pantógrafo, el más moderno de los que se construyen, aparecen corregidos algunos de los defectos de que adolecían los del sistema Gavard.

Cinco modelos del mismo tipo, pero que se diferencian únicamente por las dimensiones de las reglas y el aumento ó supresión de algunos accesorios, se construyen en los talleres de G. Coradi, de Zurich (Suiza). Se clasifican ó distinguen con los números romanos I, II, III, IV y V.

Se compone el aparato (fig. 43) de cuatro brazos de acero en forma de barra cuadrangular y huecos, señalados con los

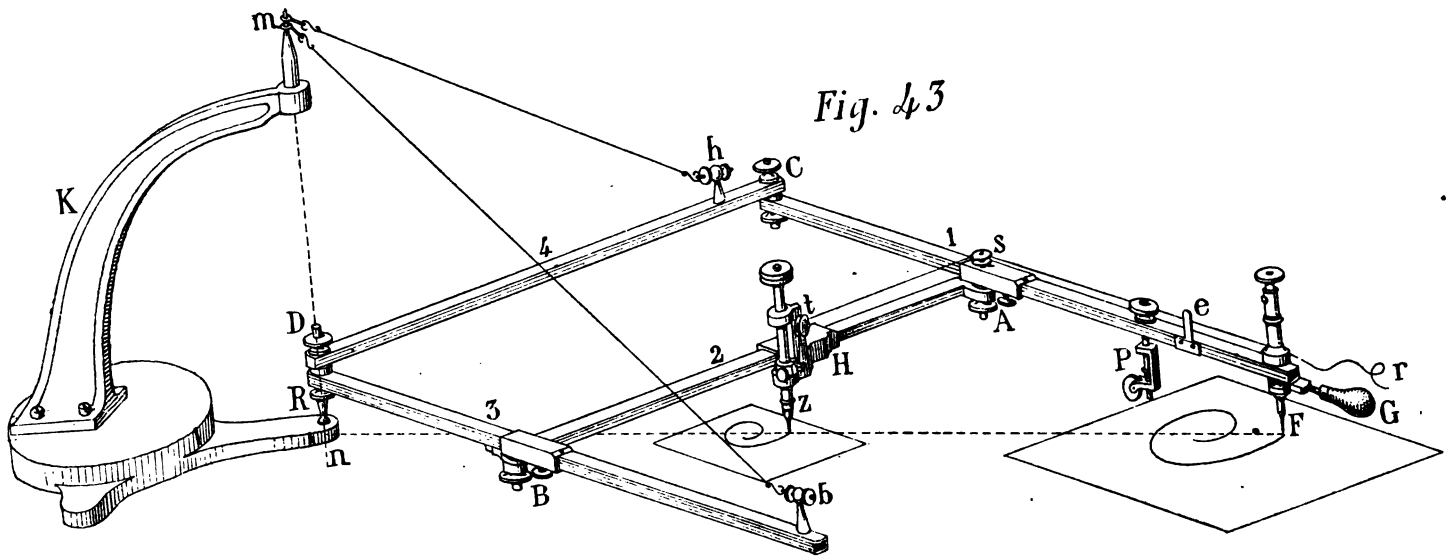


Fig. 43

números 1, 2, 3 y 4 y unidos por otras tantas articulaciones de charnela que se distinguen en la figura con las letras *A*, *B*, *C* y *D*.

Los brazos 1, 2 y 3 están divididos por su cara superior en 480 milímetros, y junto á esta división hay otra que corresponde á las siguientes relaciones de escala: $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{12}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$ y $\frac{4}{5}$. Las articulaciones *A* y *B*, situadas á los extremos del brazo 2, van unidas á unas abrazaderas que ajustan respectivamente en los brazos 1 y 3 y permiten que el brazo 2 se mueva perpendicularmente á ellos, hasta que la arista inferior del bisel que en dichas abrazaderas hace de línea de fe coincida con la división correspondiente á la escala establecida.

La articulación *D* es la más importante y la que caracteriza este pantógrafo; por ella pasa el eje virtual de rotación de todo el aparato, cuyos polos están situados, el superior, en el remate cónico *m* donde se sujetan los alambres de suspensión, y el inferior en una esferita *R* situada en la prolongación del eje de la articulación *D*. Esta esferita encaja en una quicionera practicada en el pie del pescante *K*, del cual queda suspendido el aparato por los dos citados alambres, sin otro punto de apoyo en el tablero que el correspondiente á la ruedecita *P*. Estos alambres se enganchan por uno de sus respectivos extremos al polo *m* y por el otro á los correspondientes templadores situados en *h* y *b*.

Merced á tan acertada disposición, el pantógrafo resulta una máquina perfecta, extremadamente dócil y sensible á los movimientos que le imprime el que lo dirige.

En el brazo 2 se ajusta otra abrazadera móvil *H*, unida á un soporte que sostiene en posición vertical las varillas cilíndricas correspondientes al portalápiz ó al calcador, según se trate de obtener reducción ó ampliación de un determinado original. Es decir, que para reducir se coloca el lápiz en *Z*, y para ampliar se cambia por el calcador *F*.

En *F*, extremo del brazo 1, existe otro pequeño soporte vertical que desempeña las mismas funciones que el de la abrazadera *H*, y en el que se coloca el calcador cuando la escala es de reducción ó el portalápiz cuando es de ampliación. Por la parte inferior del soporte se articula un mango *G*, el cual se puede mover en dos direcciones: de abajo arriba y de izquierda á derecha ó al contrario. Por medio de este mango se dirige la marcha de la punta del calcador sobre los contornos del dibujo original. Cerca del citado soporte, en *P*, se halla montado el eje de la armadura de la ruedecita antes mencionada. Entre ella y el soporte hay una pinza *e* mediante la cual se sujeta el extremo de un hilo que pasa por las garruchas situadas en *S*, de la abrazadera *A*, y en *t*, del soporte *H*, atándose por el otro extremo á una argollita sujeta por un tornillo de presión á la mitad inferior de la varilla portalápiz.

Tirando del extremo de este hilo por la parte de la pinza, se le comunica al portalápiz un cierto movimiento de báscula, con lo cual la punta del lápiz se alza separándose del papel quedando interrumpido el trazado. Para que vuelva á sentar la punta del lápiz en el papel, basta aflojar el hilo, haciéndolo con pausa, porque si se suelta de repente, al golpe se rompe la punta, y más si se le ha cargado todo el contrapeso, que consiste en tres rodajas de metal ensartadas en una espiga que encaja al extremo superior del portalápiz.

El pescante *K* es de una sola pieza en el modelo núm. III y está dispuesto de tal modo que por el centro de la quicionera y el de la tuerca donde se atornilla el remate *m* pasa una línea perfectamente perpendicular al plano del tablero. Si esta línea, que representa el eje de rotación, no fuera perpendicular, se colgará una plomada de la tuerca superior y se buscará la coincidencia de la vertical con el centro de la quicionera *R*, calzando el pie del pescante con pedacitos de cartulina por el lado ó lados que lo hubieren menester.

63. Colocación del pantógrafo en disposición de funcionar.—Ante todo se dispondrá una mesa firme, exenta de vibraciones, cuyo tablero perfectamente plano se nivelará escrupulosamente. Este tablero tendrá por lo menos 1,70 metros de largo por 1,30 de ancho.

Se comienza por colocar el pescante *K* sobre la mesa, al extremo izquierdo; se saca el pantógrafo del estuche y, con el mayor cuidado, se coloca extendido, descansando sobre libros dispuestos á prevención en el tablero, de modo que la esfera polar se encuentre inmediatamente encima de la quicionera *R*.

Á continuación se engancharán los alambres, primero el más corto en el polo *m* y en el templador *b*, y luego el más largo sobre el mismo polo *m* y el templador *h*; entonces se encajará la esferita polar en la quicionera *R*, procurando que los brazos 3 y 4 queden perfectamente nivelados. Esto se conseguirá colocando sobre cada uno de ellos un pequeño nivel de burbuja de aire y haciendo funcionar las respectivas tuercas de los templadores, hasta lograr completa coincidencia de nivelaciones en todas las posiciones que puedan tomar dichos brazos 3 y 4 al girar sobre el eje *R m*. Idéntica operación se verificará con los brazos 1 y 2, graduando la altura del eje de la rueda *P* por medio de una tuerca hasta completar la total nivelación del aparato.

Sabiendo de antemano si la escala con que ha de operarse es de reducción ó ampliación y suponiéndola dada por la expresión $\frac{2}{5}$, que indica reducción del modelo á sus dos quintas partes, se colocará el portalápiz en el soporte móvil *Z*, sujeto por la argolla en la que va atado el hilo que pasando por las garruchas *t*, *s*, sirve para levantar ó bajar el lápiz, estableciendo ó interrumpiendo á voluntad el contacto de éste con el papel al tirar ó aflojar el extremo *r* del hilo, el cual, cuando no funciona el aparato, quedará tirante y sujeto de la pinza *e* para mantener el lápiz fuera de contacto con la superficie del dibujo.

A continuación se coloca en el soporte *F* el calcador, de modo que la punta quede con la suficiente separación del tablero para no rozar el dibujo original. Esta distancia se gradúa fácilmente por una tuerca reguladora que hay al extremo superior del calcador. Hecho esto, se aflojarán los tornillos que hay en la parte inferior de cada una de las abrazaderas *A*, *B* y *H*, se correrán simultáneamente las mismas sobre sus brazos respectivos hasta que cada línea de fe coincida con la división $\frac{2}{5}$, expresión de la escala establecida, y los tornillos que antes se aflojaron se ajustarán, para que las abrazaderas no se muevan de sus sitios respectivos.

Inmediatamente se colocará el dibujo original debajo del calcador, sujeto al tablero con chinches, y por otra parte se pondrá el papel destinado á la copia debajo del portalápiz, dispuesto de modo análogo al original. Se soltará el hilo de la pinza, y cogiendo el mango *G* se dirigirá la punta del calcador por las líneas del original, cuidando de tirar del hilo, valiéndose de la mano izquierda, cuando se quiera interrumpir el trazado de lápiz. Si éste, por ser demasiado duro, dejara una huella poco perceptible, se cambiará la mina por otra más blanda ó se colocarán en el extremo superior del portalápiz las rodajas de contrapeso que hicieren falta hasta conseguir un trazado visible y limpio.

64. En el caso de que la escala dada fuera de ampliación, por ejemplo $\frac{3}{2}$, se ajustarán las respectivas líneas de fe de las abrazaderas *A*, *B* y *H* á las correspondientes divisiones señaladas $\frac{2}{3}$ que figuran en los brazos 1, 2 y 3; puesto que la fracción $\frac{2}{3}$ se convierte en $\frac{3}{2}$ invirtiendo los términos, que es lo que debe hacerse cuando se trata de ampliar (**56**). Por tanto, para el resultado propuesto, habrá que cambiar la situación del portalápiz por la del calcador, colocando éste en el soporte *H* y el lápiz en el *F*.

La especial construcción de los pantógrafos señalados con los números I y III (fig. 44), permite trasladar el eje polar

de rotación juntamente con el pescante, situándole entre el calcador y el lápiz. Montado en esta forma el aparato, se le utiliza para realizar copias ampliadas, sin más cuidado que el de hacer coincidir las respectivas líneas de fe correspondientes al calcador, eje polar y portalápiz con las divisiones que señalan en cada una de las reglas la fracción que expresa la escala con que debe operarse, según se ha indicado más arriba.

Para determinar la situación de las respectivas líneas de

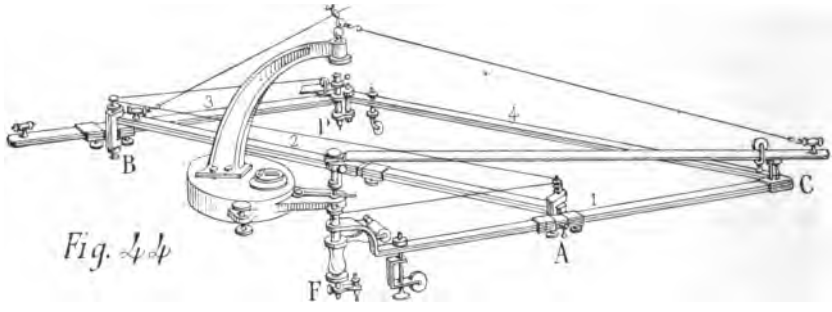


Fig. 44

fe de las abrazaderas A, B y H, cuando la relación de escala sea $\frac{m}{n}$ y no figure en el pantógrafo, conviene emplear la fórmula

$$x = l \times \frac{m}{n}$$

en la cual x expresa la situación de las tres abrazaderas en los respectivos brazos 1, 2 y 3, y l representa la longitud de cada uno de ellos, que en el pantógrafo de que se trata (fig. 43) es de 480 milímetros.

Así, por ejemplo, siendo $\frac{5}{8}$ la escala propuesta, se tendrá, substituyendo valores en la fórmula anterior,

$$x = 480 \times \frac{5}{8},$$

y, verificando las operaciones indicadas, $x = 300$ milímetros, que habrán de contarse en cada uno de los brazos 1, 2, 3,

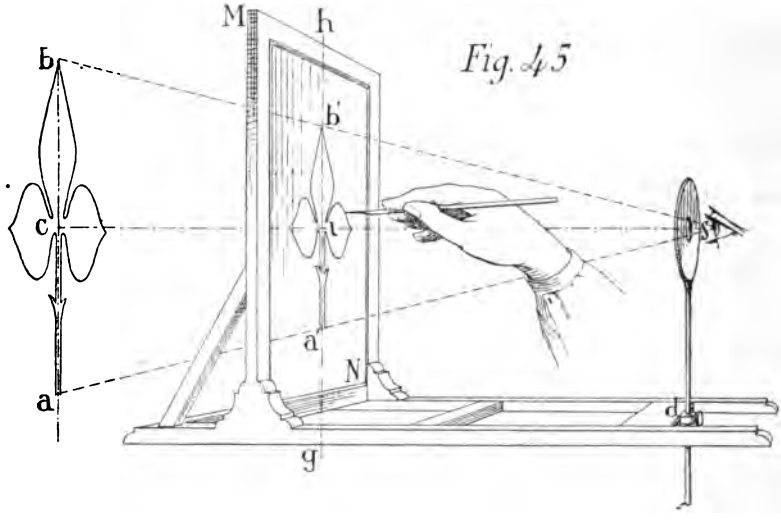
para hacer coincidir la señal que limita los citados 300 milímetros con las correspondientes líneas de fe de las abrazaderas respectivas *A, B* y *H*. Si la expresión $\frac{n}{m}$ representa escala de ampliación, después de hallar el valor de x según se ha hecho en el anterior ejemplo, se procederá á cambiar la situación del lápiz por la del calcador, colocando éste en *H* y el lápiz en *F*; ó también, si el aparato lo permite, (fig. 44) se implantará el eje polar entre los citados portalápiz y calcador.

Respecto á las correcciones y verificaciones que pueda necesitar este aparato, no hay nada nuevo que añadir, más que atenerse á lo expuesto al tratar del pantógrafo de Gavard en lo concerniente á este punto (**59**).

Antes de guardar el pantógrafo en su estuche, se colocarán las abrazaderas de modo que sus respectivas líneas de fe coincidan con la división $\frac{1}{2}$ en cada uno de los brazos; se desengancharán los alambres de suspensión aflojando las tuercas de los templadores, y se plegará de modo que el extremo *b* del brazo 3 quede á la izquierda y la articulación *C* al extremo de la derecha, debiendo reunirse en el centro en primer término el soporte *F*, en segundo el *H* y en tercero la articulación *D* correspondiente al polo inferior del eje de rotación. En esta disposición, se meterá en el estuche, colocando en sus sitios respectivos el contrapeso del portalápiz, los alambres y una punta de picar que substituye al lápiz cuando sólo se trata de señalar puntos.

Los pantógrafos son instrumentos tan delicados como puedan ser los compases, y están sujetos á las mismas causas de deterioro que ellos. Por consiguiente, se observarán las mismas prescripciones para su conservación (**45**), procurando la limpieza más exquisita en todas las piezas de que se compone el instrumento. Además se evitarán golpes y posiciones anormales, y especialmente el meterlo en el estuche sin las precauciones más arriba indicadas.

65. Hyalógrafo.—Sencillo por demás es este instrumento de reducción. Consiste en un cristal plano y transparente montado en un bastidor *M N* (fig. 45) dispuesto de manera que puede mantenerse fijo en posición vertical mientras se utiliza para la copia de dibujos ó de objetos tomados del natural, y de un ocular móvil *S* cuya situación



delante del cristal puede fijarse dentro de ciertos límites (1). Para servirse del aparato cuando se trata de copiar un dibujo, se coloca éste detrás del cristal, de modo que los planos del cristal y del dibujo original sean paralelos. El ocular *s* se situará delante y en condiciones tales que la visual *s t* perpendicular á los citados planos, pase por los centros del dibujo original y del cristal. Después, mirando con un ojo colocado en *S*, se calcarán los contornos y demás líneas de la imagen que se ve en el cristal con un lápiz expre-

(1) Estos límites se calculan en 45 centímetros como máximum, para la distancia que haya de mediar entre el cristal y el ocular, y 20 centímetros como mínimum, habiéndose tenido en cuenta, para determinar el límite superior, la longitud que buenamente puede alcanzar el brazo del que dibuja, y para establecer el límite inferior, la menor distancia á que puede acercarse el ojo al cristal para abarcar el conjunto con la mirada de modo que las visuales extremas *s a*, *s b* (figura 45) relacionadas con dichos límites formen un ángulo que no pase de 40°.

samente destinado á dibujar sobre superficies pulimentadas. Este lápiz se fabrica de los colores azul, rojo, amarillo y blanco por A. W. Faber; pero como la pasta de que la barrita está formada es demasiado blanda para resistir una punta utilizable, los trazados resultan toscos, hasta el punto de que para conseguir ciertos primores de contornos no da resultados aceptables el citado lápiz.

66. Cuando es necesario obtener sobre el cristal un dibujo muy detallado, se emplea la tinta, extendiendo antes sobre la superficie de aquél un barniz que permita dibujar con pluma sin que la tinta se corra. Este barniz se compone de:

Goma arábiga	6 gramos
Azúcar.	1 »
Agua	30 »
Alcohol	6 centímetros cúbicos.

Se disuelven la goma y el azúcar en agua hirviendo, se añade el alcohol, y antes de que se enfríe se filtra por una franela. Este barniz se extiende con una brocha sobre la cara del cristal que ha de recibir el dibujo, evitando el que se formen burbujas y colocándole sobre un tablero horizontal nivelado hasta que se seque.

Para este dibujo puede emplearse cualquier tinta, pero la que mejor resultado da, es la de China, con la cual el tiralíneas ó la pluma funcionan perfectamente sobre el cristal cubierto del barniz antes indicado.

67. Después de lo expuesto, lo que principalmente interesa es la manera de verificar el calco ateniéndose á determinada escala de reducción; es decir, conseguir resultados análogos á los que se obtienen con el pantógrafo.

Del examen de la fig. 45, en la que las visuales extremas $s\,a$ y $s\,b$ forman con los respectivos ejes $a\,b$ y $a'\,b'$ del original y la copia dos triángulos semejantes, cuyas alturas corres-

pondientes se representan por $s\,t$ y $s\,c$, y teniendo además en cuenta que, en triángulos semejantes, las alturas son proporcionales á las bases, se sacará en consecuencia que las longitudes homólogas $a\ b$ del original y $a'\ b'$ de la copia, son respectivamente proporcionales á las distancias $s\ c$ y $s\ t$, y por tanto, se verifica que

$$\frac{s\ t}{s\ c} = \frac{a'\ b'}{a\ b}.$$

Mas como la relación de proporcionalidad entre los citados elementos se expresa en general por $\frac{m}{n}$, que á su vez representa la escala de ejecución, se tendrá, llamando C á la distancia $s\,t$ y D á la $s\,c$, $\frac{C}{D} = \frac{m}{n}$. De igual modo pueden compararse las longitudes $a'\ b'$ y $a\ b$, designándolas respectivamente por A y B, de donde resultará la igualdad

$$\frac{A}{B} = \frac{m}{n}.$$

En la primera de estas igualdades, el término que importa conocer, cuando ha de utilizarse el hyalógrafo, es C (1), el cual corresponde á la distancia $s\ t$ que debe mediar entre el cristal y el ojo del espectador, para obtener una copia reducida en la escala $\frac{m}{n}$. En este caso, suponiendo, por ejemplo, $C = 65$ centímetros y

$$\frac{m}{n} = \frac{60}{100},$$

substituyendo en la primera igualdad estos valores, se tendrá:

$$D = 65 \times \frac{60}{100};$$

(1) La distancia $s\,c$, representada por D, es arbitraria, y debe calcularse, cuando el caso lo requiera, lo suficientemente larga para que, si se trata de obtener una copia muy reducida, no sea preciso colocar el ocular tan cerca del cristal que no deje suficiente espacio para abarcar desde s, con una sola mirada, todo el contorno de la copia (véase la nota anterior).

de donde resultará, verificando operaciones indicadas, que la distancia $s\ t$ relacionada con la escala y demás condiciones establecidas en este ejemplo es de 39 centímetros; por consiguiente se correrá el ocular s hasta distanciarlo del cristal poco menos de 39 centímetros, pasando entonces las visuales extremas $s\ a$ y $s\ b$ por los respectivos puntos a' y b' que limitan la altura de la copia.

Puede ocurrir que lo que se desee averiguar sea la longitud, expresada en centímetros y milímetros, que haya de tener A con arreglo á la escala establecida $\frac{m}{n}$; entonces se recurrirá á la segunda igualdad

$$\frac{A}{B} = \frac{m}{n}$$

en la que se supone $B = 33$ centímetros y

$$\frac{m}{n} = \frac{60}{100}.$$

Substituídos estos valores se obtendrá:

$$A = 33 \times \frac{60}{100}$$

ó sea 19,8 centímetros, que medirá la altura $a'\ b'$, designada por A, homóloga de $a\ b$ con relación á la escala $\frac{m}{n}$.

Este resultado indica la manera de proceder, cuando se conoce (y este es el caso más frecuente) la altura del dibujo original y la escala de ejecución.

Así, en el caso concreto que sirve de ejemplo y una vez averiguado que la longitud de $a'\ b' = A$ es de 19,8 centímetros, se medirán éstos en el cristal en el eje $g\ h$, promediando dicha longitud, desde t, á los respectivos puntos a' y b'. Después se hará avanzar ó retroceder la pieza que soporta el ocular hasta que, mirando por éste, las visuales que terminan en a y b pasen por los respectivos puntos $a'\ b'$, y si esto no

bastase á conseguir la indicada coincidencia de las visuales en *a'* y *b'*, podría también alargarse ó acortarse la distancia que media entre el dibujo original y el cristal del aparato. Por supuesto, que durante los tanteos que hayan de verificarse al indicado fin es necesario procurar que el punto *c* se halle en línea recta con los *t* y *s*; además se cuidará de que los respectivos ejes, *h g* de la copia y *a b* del original, coincidan en el plano vertical visual *s h g*. Terminados estos preparativos, sólo resta la materialidad del calcar.

El aparato descrito tiene otra aplicación además de la de obtener copias reducidas de otros dibujos: la de copiar objetos del natural en perspectiva. Tanto es así, que Pietro della Francesca, su inventor, se servía de él para demostrar los principios fundamentales de esta rama de la Geometría descriptiva, allá por los años 1450.

68. Para copiar objetos en perspectiva, puede moverse el ocular en dos direcciones sin salir de un plano paralelo al del cristal: la una vertical y la otra horizontal. El movimiento de traslación vertical se consigue deslizando la varilla que sostiene el ocular, á través de la argolla *d*, hasta colocarle á la altura deseada, en que se le fija con un tornillo de seguridad; y el movimiento horizontal se obtiene mediante un mecanismo de corredera establecido para la citada argolla á lo largo de la pieza que soporta el ocular. De este modo, dotado el ocular de dos movimientos combinados, puede el punto *principal* situarse dentro del cuadro donde mejor convenga para los efectos de la perspectiva.

Elegido el punto de vista y colocado el ojo delante del ocular *s*, se procederá al calcado sobre el cristal de los contornos y dintornos de la imagen perspectiva virtual.

Cualquiera que sea la manera de producir el dibujo con este aparato, pueden sacarse del cristal calcos, bien al trasluz ó mediante los procedimientos heliográficos que describiremos más adelante.

69. Cuadrícula perspectiva.—Parecido al anterior es este aparato, inventado y usado por Alberto Durero y luego utilizado por numerosos artistas.

En lugar del cristal plano, hay tendida sobre el bastidor una red en forma de cuadrícula, compuesta de hilos ó alambres delgados. Por otra parte, en el papel destinado á copiar el objeto se traza una cuadrícula semejante, del mismo número de cuadros y semejantemente dispuestos con respecto á los del bastidor.

Colocado el bastidor con la cuadrícula frente al objeto y el ojo en el ocular, de forma análoga á la descrita para utilizar el hyalógrafo, se examina la posición de los contornos del objeto respecto á los hilos de la cuadrícula, para en seguida copiarlos con lápiz en el sitio que les corresponda sobre la cuadrícula previamente trazada en el papel.

70. Cuando haya de copiarse un dibujo con arreglo á determinada escala, se colocará la cuadrícula de hilos en contacto con el dibujo original, y convenida que sea la escala, se procederá de conformidad con ella al trazado de la otra cuadrícula sobre el papel que ha de contener la copia.

Suponiendo que la escala sea de $\frac{7}{4}$ por ejemplo, se construirá, después de preparado el papel, un rectángulo semejante al del bastidor, y para ello se tomarán como altura de éste siete cuartas partes de la altura de aquél, haciendo otro tanto para determinar la base en relación con la del bastidor.

Las longitudes resultantes de base y altura, se dividirán respectivamente en el mismo número de partes iguales, correspondientes á los hilos que forman la cuadrícula del bastidor.

Por estos puntos de división se trazarán rectas paralelas en las respectivas direcciones de la base y altura del rectángulo, con lo que se tendrá dispuesta la cuadrícula que ha de servir para dibujar la copia en la escala de $\frac{7}{4}$. Análogas ope-

raciones conducirían al trazado de una cuadrícula en el caso de que la escala expresara reducción del dibujo original.

71. Diágrafo.—Este aparato, conocido desde 1600 con el nombre de *escuadra de Cigoli,* fué perfeccionado en 1808 por Rennenkampf y más tarde por Ronalds, Groydon y otros, hasta que Gavard, el inventor del pantógrafo que lleva su nombre, le dió la última mano, haciendo de él un instrumento lo más práctico posible (1).

Se compone de un ocular fijo, una pínula que unida á una abrazadera se mueve á lo largo de un tubo vertical siguiendo los contornos del objeto y un lápiz que reproduce sobre el papel extendido sobre un tablero horizontal todos los movimientos del punto de mira correspondiente á la pínula.

El ocular (fig. 46) se halla al extremo Y de una varilla sujeta al tablero por el tornillo E. Esta varilla puede alargarse ó contraerse, por estar compuesta de tres tubos enchufados, y girar alrededor de la charnela A sin salir de un plano vertical, con lo cual dicho ocular puede tomar la posición más conveniente en cada caso.

La pieza Q, que sirve de soporte al lápiz, se mueve á lo largo de una regla de acero que termina por un extremo en la rueda R, mientras que por el otro va unida en ángulo recto á un travesaño sostenido por dos ruedas P y S, encarriladas sobre el canto de una regla de metal $C\,D$.

Los radios de las ruedas R, P, S, sobre las cuales se apoya la escuadra descrita, están calculados para que la regla de acero permanezca paralela á uno de los bordes del tablero en todos los movimientos de traslación.

En el soporte Q va sujeto el extremo de un hilo, que pasando por debajo de la garrucha G, sube á unirse á la pínula F en la parte inferior de ella. Otro hilo, atado á la

(1) El autor no ha tenido ocasión de conocer este aparato más que por la descripción que hace G. Tubeuf, arquitecto francés, en su *Tratado de perspectiva,* publicado en París por Fanchon y Artus.

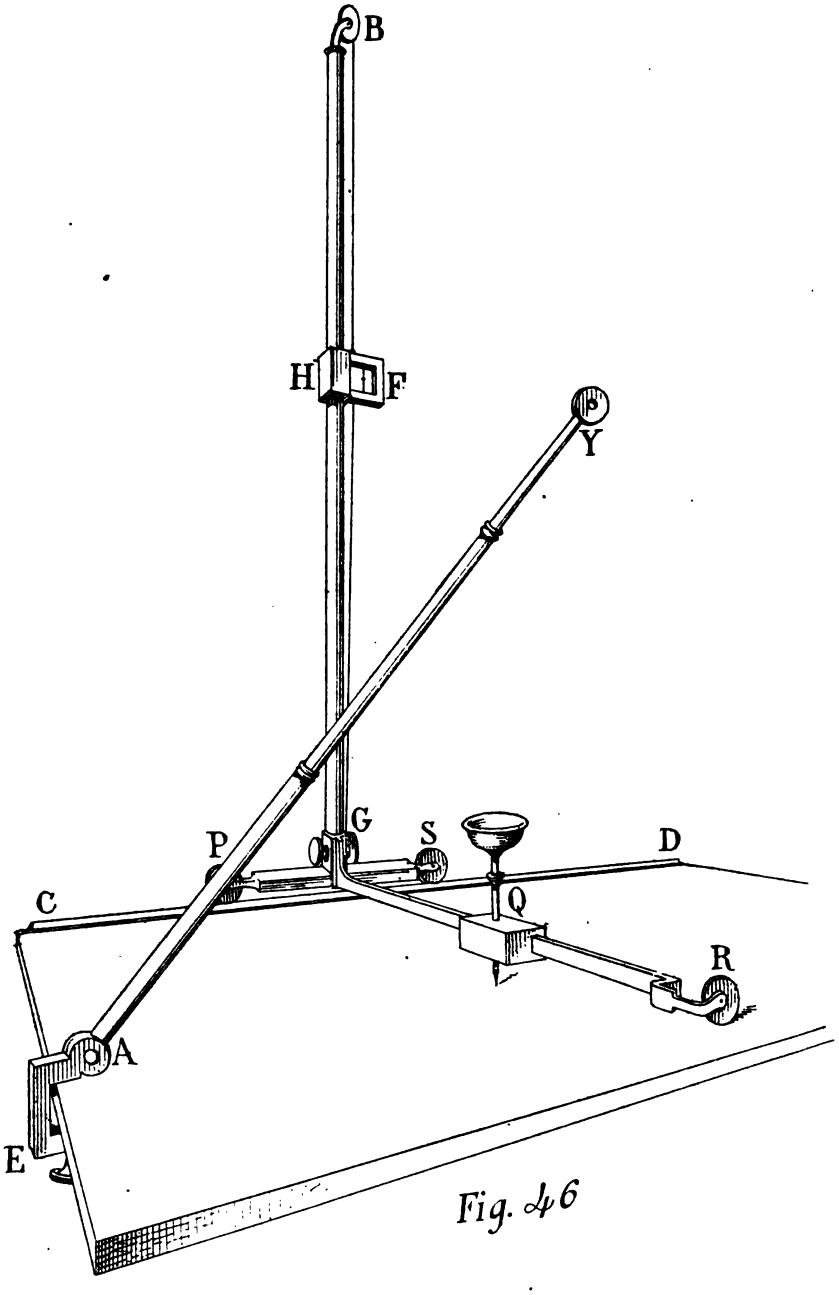


Fig. 46

parte superior de dicha pínula, pasa por la garrucha *B* situada en la parte superior del tubo vertical, desciende por el interior de él y, solicitado por un contrapeso, tira de la pínula, á la que hace subir hasta el extremo del mencionado tubo. En esta disposición, merced á los movimientos de traslación del aparato y á los de subida y bajada de la pínula á lo largo del tubo vertical, el punto de mira puede recorrer los contornos de la imagen obedeciendo los impulsos del lápiz, dirigido por la mano del dibujante.

En resumen: el aparato se pone en marcha desde el lápiz, al mismo tiempo que se va trazando el dibujo á tientas, porque el ojo está ocupado en vigilar las sucesivas coincidencias del punto de mira con los contornos y dintornos del dibujo original ó del objeto que se copia en perspectiva, puesto que en los dos casos se utiliza el aparato.

Suponiendo vencidas estas dificultades que ofrece el manejo del diágrafo, sólo falta ponerlo en condiciones de funcionar cuando haya de emplearse para la reducción de dibujos con arreglo á una escala dada. Para ello será suficiente relacionar las distancias del ocular al punto de mira y al dibujo original, con la escala dada, siguiendo en las operaciones marcha idéntica (el caso es el mismo) á la indicada al tratar del hyalógrafo (**67**).

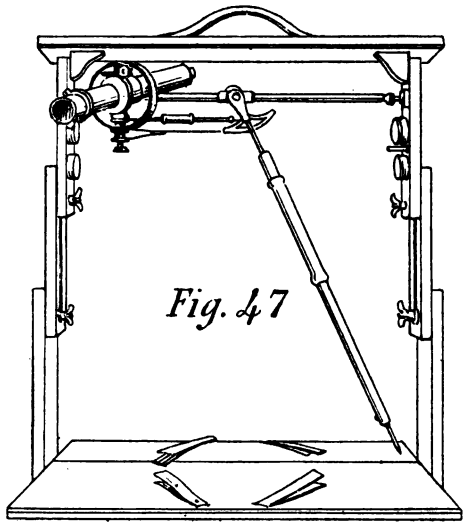
72. Perspectartígrafo.—Este aparato, ideado por M. Otto Eichemberger, de Ginebra, es con respecto al diágrafo, aunque distinto en la forma, idéntico en el fondo y finalidad de las aplicaciones. Aunque con él se pueden copiar dibujos en escala reducida, su autor lo destina exclusivamente al trazado de perspectivas de objetos copiados del natural.

De igual modo que en el diágrafo, el impulso dado para poner en marcha el aparato se dirige desde el lápiz y se comunica por una varilla al punto de mira situado en el retículo de un anteojo, con el que se recorren los contornos

UNIV. OF CALIFORNIA

y dintornos del dibujo original ó del objeto que se ha de copiar en perspectiva.

El aparato plegado tiene forma de caja, que, al abrirse, parte de ella se convierte en el tablero que ha de contener el papel. Los costados de dicha caja pueden extenderse y



sirven de soporte á una varilla transversal, colocada en la parte superior y que puede girar alrededor de su eje. Hacia un extremo de la varilla se encuentra un anillo por cuyo centro y sostenido por un eje vertical pasa un pequeño telescopio provisto de su ocular en un extremo y de un retículo en el otro. Este telescopio puede moverse simultáneamente alrededor de dos ejes, el vertical que le sostiene y el horizontal de la varilla.

Del punto medio de la varilla transversal pende un largo portalápiz compuesto de dos piezas enchufadas que permiten acortarlo ó alargarlo para que, cualquiera que sea la posición que tome, esté siempre la punta del lápiz en contacto con el papel. El citado portalápiz permanece en comunicación, por un ingenioso sistema de varillas, con el telescopio;

UNIV. OF ARIZONA LIBRARY

de aquí, que todos los movimientos del extremo inferior del portalápiz se transmitan fielmente al citado telescopio.

Para servirse del aparato, una vez armado, colocado sobre un trípode y nivelado, el operador (fig. 48) mira por el telescopio, y cogiendo con la mano derecha el extremo inferior del portalápiz, lo va guiando de modo que el punto de intersección de los hilos del retículo del telescopio recorra

Fig. 48

los contornos del objeto que se quiere reproducir. Claro está que la punta del lápiz irá dejando sobre el papel el dibujo de los objetos cuyo contorno se sigue con el telescopio, dibujo tanto más pequeño cuanto más lejos del aparato se encuentre el objeto reproducido.

Para que la copia resulte de tamaño natural, es necesario que el objeto esté colocado á 45 centímetros del punto medio del telescopio; distancia igual á la que media desde dicho punto al tablero donde se verifica la copia (1).

(1) De este aparato, al presente, no hay más noticias que las que proporcionan las reseñas publicadas en algunas revistas entre ellas, el *Mundo Científico,* de Barcelona, en su número 218; pero desde luego, una vez comprendida la teoría de su funcionamiento, ocurre preguntar: ¿Cómo puede guiarse con acierto la mano, si la vista está ocupada en procurar la coincidencia del punto del retículo con los que forman el contorno del objeto que se copia?

La verdad es que se necesita gran pericia para no desbarrar y mucha sagacidad para sacar de entre el cúmulo de líneas inútiles, resultado de dibujar á tientas, aquellas que verdaderamente correspondan á los contornos del original. Esto sin contar las omisiones en consignar contornos, que necesariamente han de abundar, tanto más, cuanto que el ojo no puede inspeccionar el trazado al mismo tiempo de verificarlo.

73. Cámara lúcida.—Se da este nombre á un instrumento en el cual desempeña el papel más importante un pequeño prisma, á través del que se ve la imagen de un objeto proyectada sobre una hoja de papel cuyos contornos pueden ser recorridos y dibujados con la punta de un lápiz.

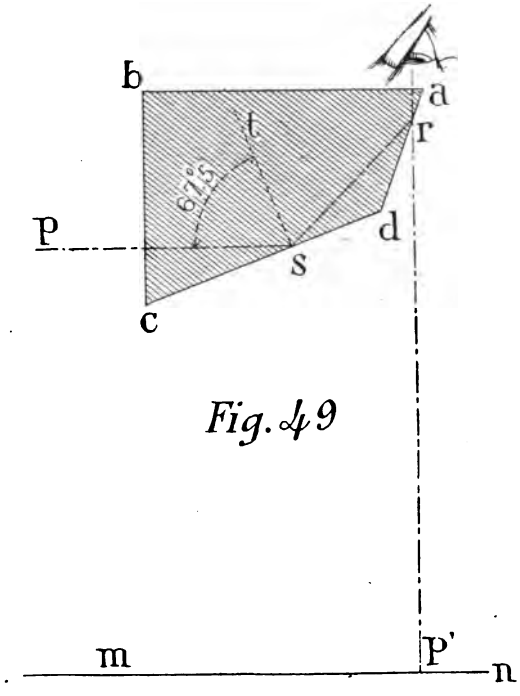


Fig. 49

El prisma, principal elemento de la cámara, es recto, de base cuadrangular *a b c d* (fig. 49), construído según el principio de reflexión total de los rayos luminosos en su interior. El ángulo diedro formado en *b* por las caras *ab* y *bc* es recto; los formados en *a* y en *c* miden cada uno 67° 30′, y el *d* 135°.

Colocado dicho prisma de modo que las aristas correspondientes á las caras laterales estén en posición horizontal, consideremos un rayo luminoso que sale de un punto cualquiera *P*, de un objeto colocado delante de la cara *b c*; este rayo luminoso, al atravesar la cara vertical del prisma, va á

caer en *S* sobre la cara *cd* formando un ángulo de incidencia con la normal *t s* de 67° 30′ mayor que el ángulo límite. Además, el rayo luminoso, al reflejarse totalmente, cae sobre la cara *ad* en *r*, donde se reflejará del mismo modo, y por fin, atravesando la cara horizontal *ab* en dirección perpendicu-

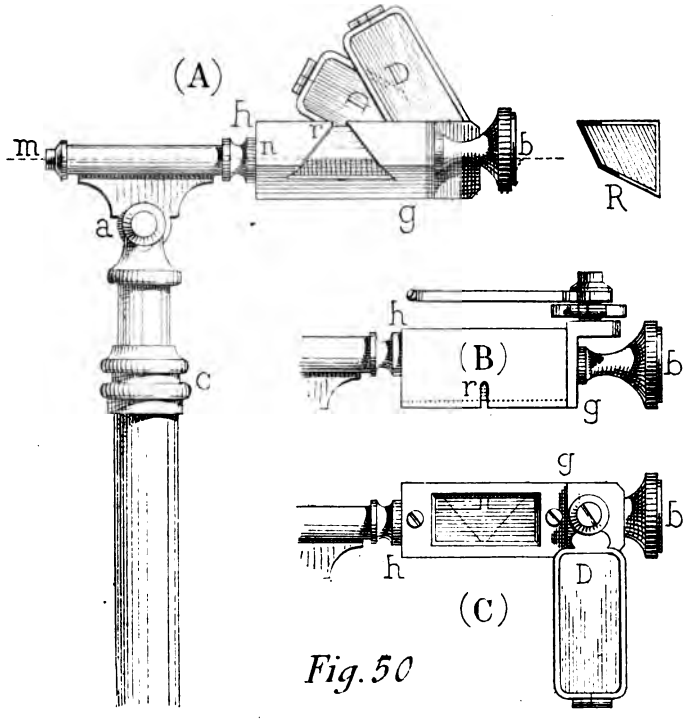


Fig. 50

lar, terminará en el ojo del observador. De este modo el ojo del dibujante, colocado á muy poca distancia sobre la arista correspondiente al ángulo en *a*, dirigiendo la vista perpendicular al tablero horizontal *m n*, verá la imagen del objeto proyectada en un papel extendido sobre dicho tablero.

El prisma descrito, según puede verse en la fig. 50, se halla montado en una envoltura metálica *h g* que presenta dos aberturas, un cuadrangular (véase *C*) para dar paso á los rayos luminosos procedentes del dibujo original ú objeto que se copia, y otra parecida en su forma á la de un triángulo en

cuyo vértice superior *r* (véase *A* y *B*) hay una pequeña hendidura por la cual dirige el dibujante la vista sobre el tablero en el momento de contornear la imagen virtual que en él se proyecta.

El botón *b* sirve para hacer girar el prisma alrededor del eje *m n*; con este movimiento de rotación y el que permite la articulación *a* (véase *A*) puede colocarse nivelado el prisma con relación á la cara superior del mismo, tal como se representa en (*B*).

La articulación *a* se une á una varilla compuesta de tres tubos de metal enchufados á lo largo, lo cual permite alargar ó reducir la longitud de la varilla con arreglo á la distancia y situación del ojo del dibujante respecto del tablero donde se proyecta la imagen. Cada uno de los tubos que forman la varilla, excepto el primero, va provisto en la parte superior de una tuerca de presión *c* á modo de argolla, que sirve para fijar la longitud de la varilla en cada caso.

En el extremo inferior de la varilla y unido á ella por una fuerte charnela hay un tornillo de presión que sirve para sujetar el aparato al tablero de dibujar. Merced á los movimientos que permite esta charnela, los dé la articulación *a*, y el de rotación del prisma alrededor del eje *m n*, combinados con la elasticidad de la varilla, cuya longitud máxima no pasa de 60 centímetros, puede colocarse la cámara lúcida en disposición de funcionar, de manera que, según se hizo notar anteriormente, la cara superior del prisma sea paralela al tablero de dibujar.

Los cristales ahumados con variada intensidad que se observan en *D* (véase *A* y *C*, fig. 50) tienen por objeto templar el exceso de luz que penetra en el prisma cuando se usa el aparato al aire libre y los objetos que se copian están fuertemente iluminados.

74. *Funcionamiento de la cámara lúcida.*—Después de colocar el aparato sujeto al tablero, como queda indicado,

se situará el dibujante mirando con un solo ojo por la hendidura *r* (véase *B*) en dirección perpendicular al tablero, arreglándose de manera, que el ojo perciba simultáneamente sobre el papel la imagen virtual del objeto y la punta del lápiz que ha de recorrer sus contornos y dintornos. Esta ope-

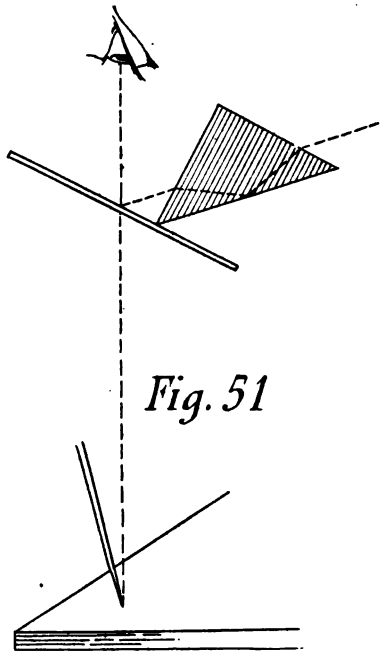


Fig. 51

ración constituye un escollo para los principiantes ó poco acostumbrados al manejo de este aparato.

Ocurre en esto, que cuando la imagen se ve perfectamente limpia sobre el papel, la punta del lápiz no se distingue, y al contrario, cuando el lápiz se percibe, la imagen resulta borrosa; ambos extremos deben evitarse para utilizar la cámara lúcida.

El justo medio en la visión de la imagen y la punta del lápiz sobre el papel, estriba en dirigir la vista por la pequeña hendidura *r* del diafragma pasando el eje visual rozando el filo de la arista de tal modo, que el haz de rayos visuales se reparta por igual, pasando una mitad á través del prisma

y la otra mitad fuera del mismo, enfilados directamente al papel, manteniendo por supuesto quieto el ojo en esta especial posición.

De este modo las visuales que atraviesan el prisma permiten apreciar la imagen virtual; mediante las otras visua-

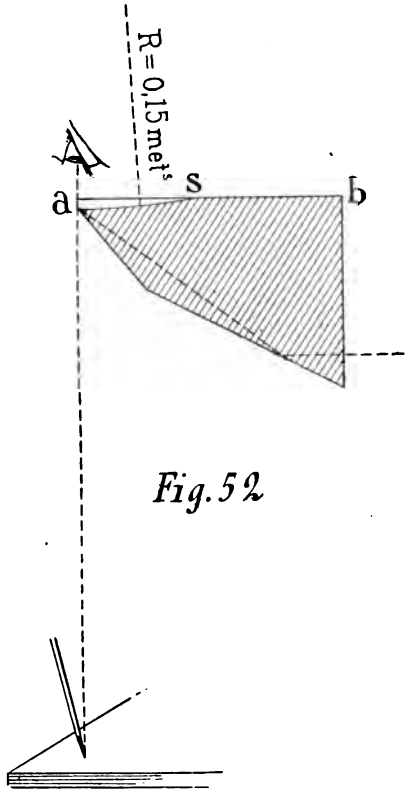


Fig. 52

les que van directamente al papel sin pasar por el prisma, se puede ver la punta del lápiz y por consiguiente pasar con él los contornos de aquélla sin ninguna dificultad.

75. La condición de tener el ojo inmóvil por algún tiempo es difícil de cumplir; un movimiento involuntario consecuencia de la fatiga de aquél, le hace salir del punto de mira, originando esta desviación un cambio de situación ó paralaje entre la línea comenzada y lo que de ella falta trazar.

Wollaston, inventor de la cámara lúcida, se dió cuenta exacta de esta deficiencia y trató de remediarla asociando al prisma una lente divergente; mas la dificultad de ver á un mismo tiempo la imagen virtual y la punta del lápiz sobre el papel, aunque atenuada, quedaba en pie.

Más tarde, Amici ensayó trasladar los rayos luminosos del prisma á un cristal plano transparente (fig. 51), á través del cual se percibe la imagen y la punta del lápiz sobre el tablero. Por último, Laussedat introdujo una modificación de resultados satisfactorios para las aplicaciones del aparato, suprimiendo la paralaje y la fatiga del órgano visual.

Tal modificación se reduce á que la cara superior *r b* (fig. 52) del prisma, presenta en *a s* una ligera concavidad esférica de 15 centímetros de radio. La pequeña hendidura del diafragma está colocada precisamente en *a*, permitiendo dirigir la visual que coincide con el eje de la esfera en dirección perpendicular al tablero pasando por la arista *a*. En la intersección de dicha visual con la superficie esférica, es donde se produce la imagen virtual del objeto con toda claridad y exactitud, exenta de paralaje. Esta misma visual, al pasar rozando la arista en *a*, encuentra la punta del lápiz, que se percibe al mismo tiempo que la imagen, con la suficiente claridad para poder dibujar los contornos de ella.

76. Una variedad de la cámara lúcida se representa en la fig. 53; por su sencillez (es fácil construirla) y por los positivos servicios que puede prestar á quien la utilice en ciertos casos, no debe dejarse sin mencionar.

Consiste el aparato en una lámina delgada de cristal plano y transparente *a b*, fijado en un soporte *E F G*, de modo que colocado éste sobre el tablero *M N*, los planos del cristal y del tablero formen un ángulo de 45°.

Este aparato se utiliza para la reducción de dibujos y copia en perspectiva de objetos del natural. En cualquiera de estos casos, un rayo luminoso que tenga su origen en *H*, se

refleja sobre el cristal en *h*, percibiéndose la imagen desde el punto donde se halla situado el ojo del espectador. Al mismo tiempo, gracias á la transparencia del cristal, se ve á través del mismo la punta del lápiz que ha de fijar la posición de la imagen en *H'*, intersección de la visual con el plano del tablero.

De igual modo se pueden determinar todos los puntos que se deseen y pasar con la punta del lápiz las líneas de la imagen

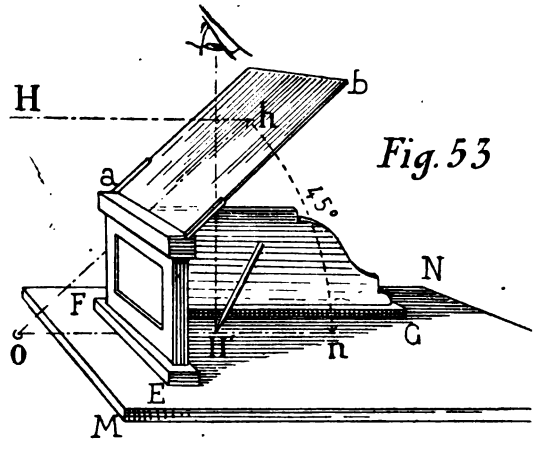


Fig. 53

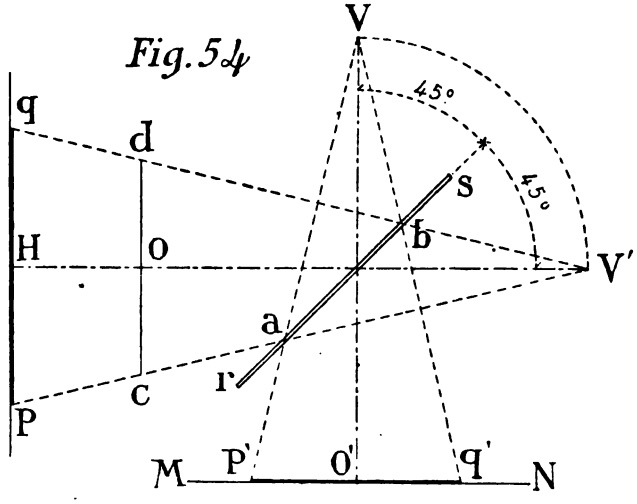
virtual proyectada sobre el papel, situando el dibujo original en *p q* (diagrama fig. 54) en posición vertical frente al cristal *r s* y estacionando el ojo en *V* mientras dura la operación. Ha de tenerse en cuenta que, cuando el objeto que ha de copiarse, está bien iluminado y la hoja de papel no tiene más luz que la necesaria para distinguir al mismo tiempo las líneas que forman la imagen virtual y la punta del lápiz, es cuando el aparato se halla en las condiciones más favorables de servicio. Si estas condiciones se trocaran, tratando de copiar un modelo escasamente iluminado sobre un papel intensamente bañado por la luz, el aparato resultaría inútil.

Para poder establecer la relación de escala, que en determinado caso haya de existir entre el tamaño del original y el de la copia, es preciso considerar que, partiendo

de la igualdad de los triángulos $V p' q'$ y $V' c d$ y admitiendo la semejanza de los $V' p q$ y $V' c d$, se tendrá:

$$\frac{V' O}{V' H} = \frac{c d}{p q} = \frac{m}{n};$$

serie de razones iguales en las que $V' O = V O'$ representa la distancia que media entre el ojo del dibujante y el papel donde ha de hacerse la copia; $V' H$ la distancia del ojo al



modelo que se copia; $c d = p' q'$ la altura de la copia; $p q$ la que corresponde al modelo, y $\frac{m}{n}$ la expresión de escala que ha de relacionarse alternativamente con cada una de las anteriores razones.

Así pues, para no repetir lo expuesto en el núm. 67 cuyo caso es idéntico al actual, conocida la relación de escala se podrá hallar la altura $p' q'$ de la copia que se llamará x mediante la igualdad

$$\frac{x}{p q} = \frac{m}{n}; \quad , \quad \text{de donde} \quad x = A \times \frac{m}{n};$$

representando por A la altura $p q$ del modelo ú objeto que se trata de copiar.

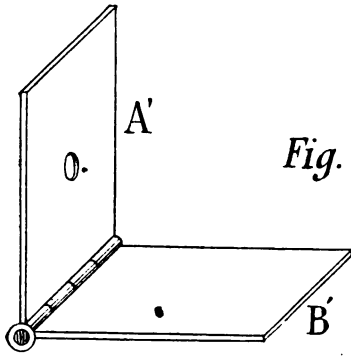
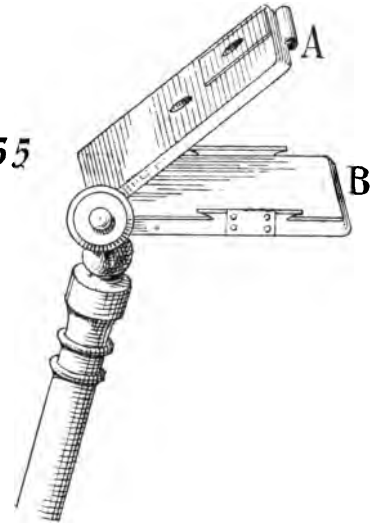
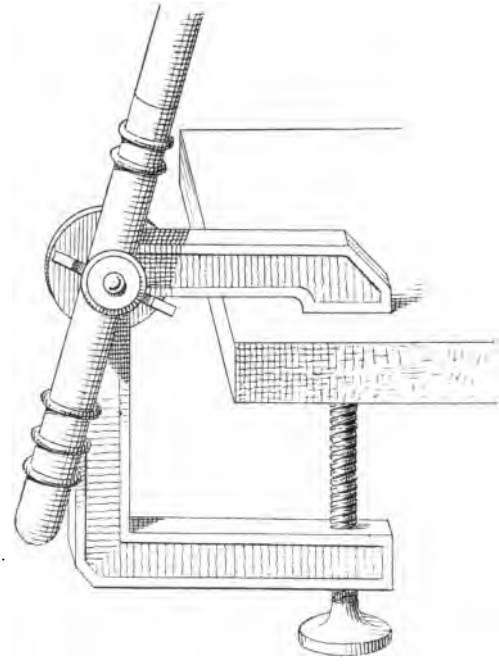


Fig. 55





77. **Hemerógrafo.** — Este instrumento óptico, ideado por H. Blain, es semejante á la cámara lúcida y tiene las mismas aplicaciones; lo describe M. Georges Tubeuf en su tratado de Perspectiva (1).

Se compone (fig. 55) de dos espejos planos *A* y *B* colocados en una montura metálica formando ángulo diedro mediante una charnela provista de un tornillo de presión que sirve para fijar la situación de los espejos según el ángulo más favorable ó conveniente.

Estos espejos van unidos, por una doble articulación de rodilla, al extremo superior de una varilla compuesta de tres tubos de metal enchufados, que, como en la cámara lúcida ya descrita, terminan en el extremo inferior por un tornillo, con el que se afirma el aparato al borde del tablero de dibujar. Se puede alargar, contraer y fijar la longitud de esta varilla por medio de unas tuercas situadas en los extremos superiores del 2.° y 3.er tubo; además se pueden dar á los espejos las posiciones necesarias merced á la charnela que los une y á las articulaciones de los extremos de la varilla.

El espejo plateado *A* tiene dos mirillas ó agujeros: una situada en el centro, por donde se mira cuando se utiliza el aparato en sentido horizontal, y otra colocada hacia la parte superior, destinada á servir cuando se mira en dirección vertical.

El espejo *B*, metalizado en la cara superior por medio del platino y empleando un procedimiento especial, además de reflejar los rayos luminosos, posee una transparencia calculada que permite ver al mismo tiempo el lápiz y la imagen virtual del objeto proyectada sobre el papel. Este espejo se puede sacar de su montura y reemplazarle por un cristal ahumado para amortiguar el exceso de luz cuando el objeto esté considerablemente iluminado.

(1) Encyclopédie théorique et pratique des connaissances civiles et militaires.—Partie civile.—Georges Fanchon, éditeur, París.

78. Para comprender la teoría del hemerógrafo, se puede suponer (diagrama fig. 56) un punto exterior *A*; el rayo luminoso que nace en *A*, viene á reflejarse sobre el espejo *M* en *A'*, desde donde, á su vez, es reflejado sobre el espejo platinado *N*, en *A''*; punto donde lo ve el observador que mira por el ocular *O*. De aquí resulta que el ojo que ocupa la po-

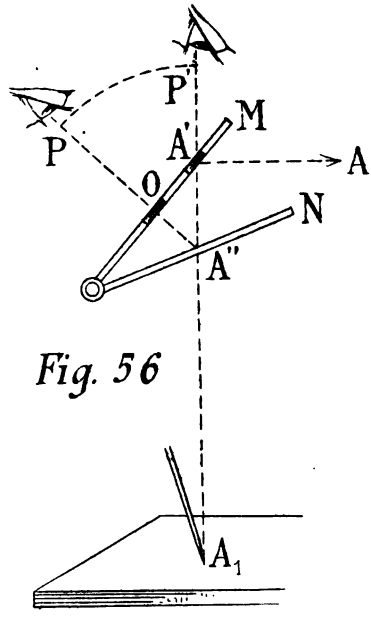


Fig. 56

sición *P* puede trasladarse á *P'*, desde donde se percibe directamente según *P' A''* el punto *A*. Mas, como se ha indicado, el espejo *N* es transparente, y el rayo reflejado en *A' A''* atraviesa dicho espejo hasta tocar en A_1, punto de la imagen virtual que se proyecta sobre el papel donde ha de verificarse la copia.

Cuando el dibujante ha de servirse del aparato en dirección horizontal, debe colocar el ojo sobre el ocular central; ésta es la mejor disposición para el retrato. En el caso de utilizarle en sentido vertical, se coloca el ojo sobre el ocular situado en la parte superior del espejo *M*.

Para obtener ampliaciones de objetos lejanos, se coloca un anteojo de campaña ó un gemelo de teatro enfocado frente

al aparato, consiguiendo por este medio los tamaños que se deseen. En el caso de tener que agrandar un objeto colocado á poca distancia, se interpone una lente convergente entre el aparato y el objeto, ó una lente cóncava entre el aparato y el papel.

CAPÍTULO IV

Aparatos fotográficos y de proyección

79. Cámara obscura.—La invención de este aparato, que sirve para reducir dibujos y copiar perspectivas del natural, es debida, según unos, al ilustre Leonardo de Vinci, y según otros al físico napolitano Juan B. Porta. De todas maneras, no cabe duda que á Italia corresponde la gloria del

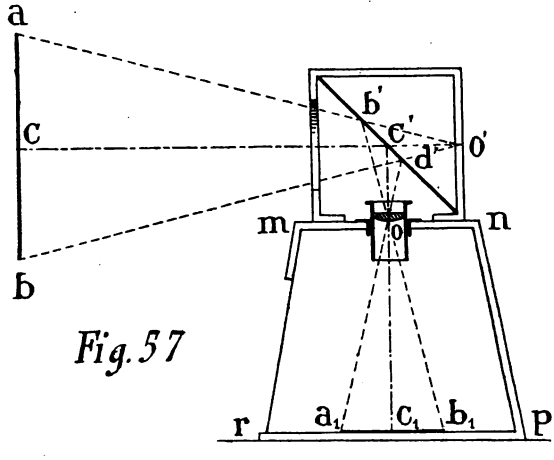


Fig. 57

feliz descubrimiento que hoy, merced á sus múltiples y recientes perfeccionamientos cuenta tantas aplicaciones útiles en las artes industriales.

La cámara obscura, tal como se emplea para copiar perspectivas del natural, se compone de una caja *m n r p* (fig. 57) infranqueable á la luz. En su parte superior va provista de

un objetivo *o* de lente convergente, y encima de ésta va otra caja que sostiene un espejo plano *b' d'*, inclinado 45° con relación al plano horizontal *r p* sobre el cual, en a_1 b_1, se coloca el papel donde se ha de calcar la imagen.

La sencilla disposición del aparato, representado en proyección ortogonal vertical y seccionado para mayor claridad, dispensa de más explicaciones.

Suponiendo el objeto que se va á reproducir situado en *a b*, su imagen se refleja sobre el espejo *d' b'* inclinado á 45°, desde el cual los rayos luminosos que forman dicha imagen pasan por el objetivo y van á caer sobre el tablero en a_1 b_1, ó mejor dicho, sobre un papel blanco sujeto con chinches ó también pegado al indicado tablero, donde se proyecta la imagen del objeto *a b* con todos sus detalles, los cuales entonces pueden calcarse con toda exactitud sin más que pasar la punta de un lápiz por las líneas que los forman.

Para obtener imágenes limpias y vigorosas sobre el papel, es necesario que el objeto ó modelo esté suficientemente iluminado, que en el interior de la cámara no penetre otra luz que la que pasa por el objetivo y que la distancia del objetivo al tablero esté bien proporcionada con la que hay del modelo al objetivo.

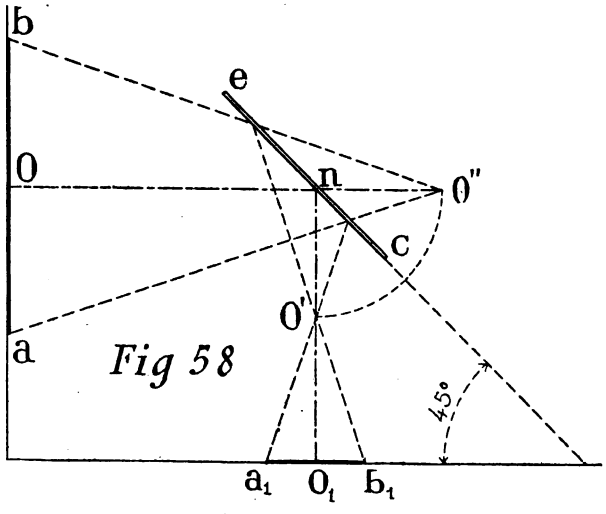
Se consigue aislar la luz exterior por medio de una cortinilla negra y tupida que, sujeta al borde del techo de la cámara, cae formando pliegues alrededor del tablero, dejando por uno de los lados la abertura suficiente, por donde pueda pasar la cabeza y parte del cuerpo del dibujante.

Para graduar la distancia del objetivo al tablero, y conseguir que en él se produzca la imagen con nitidez, debe estar provisto el objetivo de una cremallera que permita aproximarlo ó alejarlo hasta que por sucesivos tanteos se pueda determinar justamente dicha distancia.

Con lo expuesto basta para saber en qué consiste lo que en el tecnicismo fotográfico se llama enfocar la imagen; pero fácilmente se comprenderá que el aprovechamiento del apa-

rato no puede parar aquí, puesto que el principal servicio que puede prestar á quien haya de utilizarle consiste, las más de las veces, en producir imágenes reducidas con relación á determinada escala.

80. El tamaño de la imagen proyectada $a_1\, b_1$ (fig. 58, diagrama de la 57) depende de la distancia $O\,O' = O\,n + n\,O'$ que media entre el objeto $a\,b$ y el objetivo situado en O'. Así,



cuanto mayor sea esta distancia, menor resultará el tamaño de la imagen, y á menor distancia corresponderá mayor imagen hasta llegar á un límite en el cual el modelo y la imagen sean iguales.

Claro está, que la distancia $O'\,O_1$ que hay del objetivo al tablero sobre el que se proyecta la imagen cuando ésta se produce limpia en sus menores detalles, se relaciona con la $O\,n + n\,O'$, y que en este concierto de relaciones no se debe prescindir de otro factor importante: el objetivo, ó mejor dicho, su *distancia focal principal* (1) que es preciso cono-

(1) Para determinar prácticamente la *distancia focal principal* de una lente, basta colocarla frente á los rayos del sol de manera que éstos sigan la dirección del eje de ella y medir la distancia que separa el centro de la lente de la imagen solar cuando ésta se proyecta en un plano con la mayor limpieza y en el menor tamaño posible. Cuando se trata de un objetivo compuesto de dos lentes, la distancia focal ó *foco* se cuenta desde el promedio del tubo donde están montadas.

cer para poder resolver el problema que se origina en cada caso de utilización.

Entre la distancia focal principal, la que hay desde el tablero al centro del objetivo, y la que media de ésta al objeto ó dibujo original, existen relaciones mediante las cuales, conociendo dos de ellas, se puede hallar la tercera por la fórmula

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \quad (1)$$

en la que f representa la distancia focal principal, d la distancia del objeto al punto medio del objetivo y d' la distancia comprendida entre este punto medio y el tablero donde se proyecta la imagen.

Sea, por ejemplo, de 400 centímetros la distancia que haya de mediar entre el objeto y el objetivo y supongamos que el foco principal de éste mida 12 centímetros; substituyendo valores numéricos en dicha fórmula se tendrá:

$$\frac{1}{12} = \frac{1}{400} + \frac{1}{d'};$$

ó también

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{12} - \frac{1}{400};$$

y efectuando la sustracción indicada, resultará:

$$\frac{1}{d'} = \frac{97}{1200};$$

de donde:

$$d' = \frac{1200}{97},$$

y finalmente

$$d' = 12{,}4 \text{ cm.},$$

que han de mediar del objetivo al tablero donde se proyecta la imagen.

La relación de magnitud entre las alturas respectivas de la imagen y el objeto, es como $\frac{d'}{d}$; es decir, que se

(1) La deducción de esta fórmula, que se conoce con el nombre de *ecuación de los focos conjugados,* y otros extremos interesantes relacionados con esta parte de la óptica, pueden estudiarse en los tratados de Física elemental.

tendrá en este caso, llamando a' y a las respectivas alturas,

$$\frac{a'}{a} = \frac{12,4}{4000},$$

ó bien, simplificando,

$$\frac{3,1}{1000};$$

expresión correspondiente á la escala que en este caso existe entre el objeto y la copia.

De este modo, conociendo la distancia focal del objetivo, la altura del objeto y la distancia que media entre él y el objetivo, se puede calcular exactamente la dimensión de la imagen; ó también, dada la distancia focal de un objetivo y la altura de la imagen, determinar la distancia que haya de mediar entre el objeto y el objetivo.

En ambos casos, el problema se resuelve mediante la igualdad

$$\frac{d'}{d} = \frac{a'}{a},$$

substituyendo en el primer miembro, según sea el caso, el valor d ó el correspondiente á d', deduciéndolos de la ecuación de los focos conjugados

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'};$$

entonces, como ya se conocen en la igualdad

$$\frac{d'}{d} = \frac{a'}{a}$$

tres de sus términos, fácilmente se hallará el cuarto.

81. Para dispensar el trabajo que suponen estas operaciones, especialmente tratándose de artistas que no estén familiarizados con el uso de fórmulas aunque sean sencillas, y teniendo en cuenta que la aplicación de ellas se extiende á otros aparatos que á continuación se describen, sujetos á las mismas leyes de óptica, se incluye á continuación una tabla en la que se pueden encontrar el mayor número de datos con arreglo á los casos más corrientes, utilizando las fórmulas únicamente para resolver aquellos particulares que no constan en dicha tabla.

TABLA de distancias focales y magnitudes homó

	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
0,07	0,14 0,14	0,21 0,11	0,28 0,09	0,35 0,09	0,42 0,08	0,49 0,08	0,56 0,08	0,63 0,08	0,70 0,08	0,77 0,08
0,08	0,16 0,16	0,24 0,12	0,32 0,11	0,40 0,10	0,48 0,10	0,56 0,09	0,64 0,09	0,72 0,09	0,80 0,09	0,88 0,09
0,09	0,18 0,18	0,27 0,14	0,36 0,12	0,45 0,11	0,54 0,11	0,63 0,10	0,72 0,10	0,81 0,10	0,90 0,10	0,99 0,10
0,10	0,20 0,20	0,30 0,15	0,40 0,13	0,50 0,13	0,60 0,12	0,70 0,12	0,80 0,11	0,90 0,11	1,00 0,11	1,10 0,11
0,11	0,22 0,22	0,33 0,17	0,44 0,15	0,55 0,14	0,66 0,13	0,77 0,13	0,88 0,13	0,99 0,12	1,10 0,12	1,21 0,12
0,12	0,24 0,24	0,36 0,18	0,48 0,16	0,60 0,15	0,72 0,14	0,84 0,14	0,96 0,14	1,08 0,13	1,20 0,13	1,32 0,13
0,13	0,26 0,26	0,39 0,19	0,52 0,17	0,65 0,16	0,78 0,16	0,91 0,15	1,04 0,15	1,17 0,14	1,30 0,14	1,43 0,14
0,14	0,28 0,28	0,42 0,21	0,56 0,19	0,70 0,18	0,84 0,17	0,98 0,16	1,12 0,16	1,26 0,16	1,40 0,16	1,54 0,15
0,15	0,30 0,30	0,45 0,23	0,60 0,20	0,75 0,19	0,90 0,18	1,05 0,18	1,20 0,17	1,35 0,17	1,50 0,17	1,66 0,17
0,16	0,32 0,32	0,48 0,24	0,64 0,21	0,80 0,20	0,96 0,19	1,12 0,19	1,28 0,18	1,44 0,18	1,60 0,18	1,76 0,17
0,17	0,34 0,34	0,51 0,26	0,68 0,23	0,85 0,21	1,02 0,20	1,19 0,20	1,36 0,19	1,53 0,19	1,70 0,19	1,87 0,19
0,18	0,36 0,36	0,54 0,27	0,72 0,24	0,90 0,23	1,08 0,22	1,26 0,21	1,44 0,21	1,62 0,20	1,80 0,20	1,98 0,20
0,19	0,38 0,38	0,57 0,29	0,76 0,25	0,95 0,23	1,14 0,23	1,33 0,22	1,52 0,21	1,71 0,21	1,90 0,21	2,09 0,21
0,20	0,40 0,40	0,60 0,30	0,80 0,27	1,00 0,25	1,20 0,24	1,40 0,23	1,60 0,23	1,80 0,23	2,00 0,22	2,20 0,22
0,25	0,50 0,50	0,75 0,38	1,00 0,33	1,25 0,31	1,50 0,30	1,75 0,29	2,00 0,29	2,25 0,28	2,50 0,28	2,75 0,28
0,30	0,60 0,60	0,90 0,45	1,20 0,40	1,50 0,38	1,80 0,36	2,10 0,35	2,40 0,34	2,70 0,34	3,00 0,33	3,30 0,33
0,35	0,70 0,70	1,05 0,53	1,40 0,47	1,75 0,44	2,10 0,42	2,45 0,41	2,80 0,40	3,15 0,39	3,50 0,39	3,85 0,39

logas relacionadas con el objeto y su imagen (*)

1/15	1/20	1/25	1/30	1/40	1/50	1/60	1/70	1/80	1/90	1/100
1,12 0,07	1,47 0,07	1,82 0,07	2,17 0,07	2,87 0,07	3,57 0,07	4,27 0,07	4,97 0,07	5,67 0,07	6,37 0,07	7,07 0,07
1,28 0,09	1,68 0,08	2,08 0,08	2,48 0,08	3,28 0,08	4,08 0,08	4,88 0,08	5,68 0,08	6,48 0,08	7,28 0,08	8,08 0,08
1,44 0,10	1,89 0,09	2,34 0,09	2,19 0,09	3,69 0,09	4,59 0,09	5,49 0,09	6,39 0,09	7,29 0,09	8,19 0,09	9,09 0,09
1,60 0,11	2,10 0,11	2,60 0,11	3,10 0,10	4,10 0,10	5,10 0,10	6,10 0,10	7,10 0,10	8,10 0,10	9,10 0,10	10,10 0,10
1,76 0,12	2,31 0,12	2,86 0,11	3,41 0,11	4,51 0,11	5,61 0,11	6,71 0,11	7,81 0,11	8,91 0,11	10,01 0,11	11,11 0,11
1,92 0,13	2,52 0,13	3,12 0,12	3,72 0,12	4,92 0,12	6,12 0,12	7,32 0,12	8,52 0,12	9,72 0,12	10,92 0,12	12,12 0,12
2,08 0,14	2,73 0,13	3,38 0,13	4,03 0,13	5,33 0,13	6,63 0,13	7,93 0,13	9,23 0,13	10,53 0,13	11,83 0,13	13,13 0,13
2,24 0,15	2,94 0,15	3,61 0,15	4,34 0,14	5,74 0,14	7,14 0,14	8,54 0,14	9,94 0,14	11,34 0,14	12,74 0,14	14,14 0,14
2,40 0,16	3,15 0,16	3,90 0,16	4,65 0,16	6.15 0,15	7,65 0,15	9,15 0,15	10,65 0,15	12,15 0,15	13,65 0,15	15,15 0,15
2,56 0,17	3,36 0,17	4,76 0,17	4,96 0,17	6,56 0,16	8,16 0,16	9,76 0,16	11,36 0,16	12,96 0,16	14,56 0,16	16,16 0,16
2,72 0,18	3,57 0,18	4,42 0,18	5,27 0,18	6,97 0,17	8,67 0,17	10,37 0,17	12,07 0,17	13,77 0,17	15,47 0,17	17,17 0,17
2,88 0,19	3,78 0,19	4,68 0,19	5,58 0,19	7,38 0,18	9,18 0,18	10,98 0,18	12,78 0,18	14,58 0,18	16,38 0,18	18,18 0,18
3,04 0,20	3,99 0,20	4,94 0,20	5,89 0,20	7,79 0,19	9,69 0,19	11,59 0,19	13,49 0,19	15,39 0,19	17,29 0,19	19,19 0,19
3,20 0,21	4,20 0,21	5,20 0,21	6,20 0,21	8,20 0,21	10,20 0,20	12,20 0,20	14,20 0,20	16,20 0,20	18,20 0,20	20,20 0,20
4,00 0,27	5,25 0,26	6,50 0,26	7,75 0,26	10,25 0,26	12,75 0,26	15,25 0,25	17,75 0,25	20,25 0,25	22,75 0,25	25,25 0,25
4,80 0,32	6,30 0,32	7,80 0,31	9,30 0,31	12,30 0,31	15,30 0,31	18,30 0,31	21,30 0,30	24,30 0,30	27,30 0,30	30,30 0,30
5,60 0,37	7,35 0,37	9,10 0,36	10,88 0,36	14,35 0,36	17,85 0,36	21,35 0,36	24,88 0,36	28,35 0,35	31,85 0,35	35,35 0,35

(*) Esta tabla sirve para calcular distancias focales y magnitudes de imágenes proyectadas mediante aparatos ópticos de ampliación sin más que considerar invertidas las fracciones 1/2, 1/3, 1/4, ... 1/100, que figuran en la primera línea horizontal.

En la primera columna vertical se consignan las distancias focales, de centímetro en centímetro las 14 primeras y de 5 en 5 las cuatro últimas; los resultados correspondientes á las distancias focales intermedias se pueden calcular mediante las reglas antes indicadas (80). La segunda columna vertical lleva á la cabeza el número fraccionario $\frac{1}{1}$, el cual indica la relación que hay entre dos dimensiones homólogas pertenecientes respectivamente al objeto y á su imagen. En la tercera columna figura en iguales condiciones la relación $\frac{1}{2}$, en la cuarta $\frac{1}{3}$ y así sucesivamente.

En fila horizontal, á continuación de cada distancia focal, se extiende una serie de pares de números; en cada uno de ellos, el número de encima indica la distancia que hay del objeto al objetivo, y el de abajo la que media entre el objetivo y el tablero sobre que se proyecta la imagen. La relación entre los dos números pertenecientes á determinado par, está expresada por la fracción que figura á la cabeza de la columna vertical donde se encuentran los citados números.

Supóngase, por ejemplo, que se dispone de una cámara cuyo objetivo tiene 15 centímetros de distancia focal y se desea proyectar la imagen de un objeto á la octava parte del tamaño de éste.

Partiendo del núm. 15 de la 1.ª columna vertical, se avanzará en línea horizontal hacia la derecha, hasta encontrar, en la columna vertical á cuya cabeza se halla la fracción $\frac{1}{8}$, el par de números 1,35 y 0,17. Según el primero, corresponde 1 metro 35 centímetros á la distancia que debe mediar entre el objeto y el objetivo, y por el segundo se viene á saber que la distancia comprendida desde el centro del objetivo al tablero donde se proyecta la imagen es de 17 centímetros.

Estas distancias son exactas en menos de medio centímetro: pretender más exactitud resultaría inútil, sobre todo en

cuanto se refiere á la distancia que media entre la imagen y el objetivo, que en caso necesario podría afinarse haciendo avanzar ó retroceder una pequeña cantidad el objetivo.

82. Del examen de esta tabla se pueden deducir varias consecuencias de importancia para la utilización del aparato y aun para determinar la estructura más conveniente que debe dársele en determinados casos.

Así, por ejemplo, una cámara cuyo objetivo tenga 30 centímetros de distancia focal necesitará una altura capaz para separar éste 60 centímetros del plano donde se proyecta la imagen cuando la escala de reproducción sea de $\frac{1}{1}$. Ade-

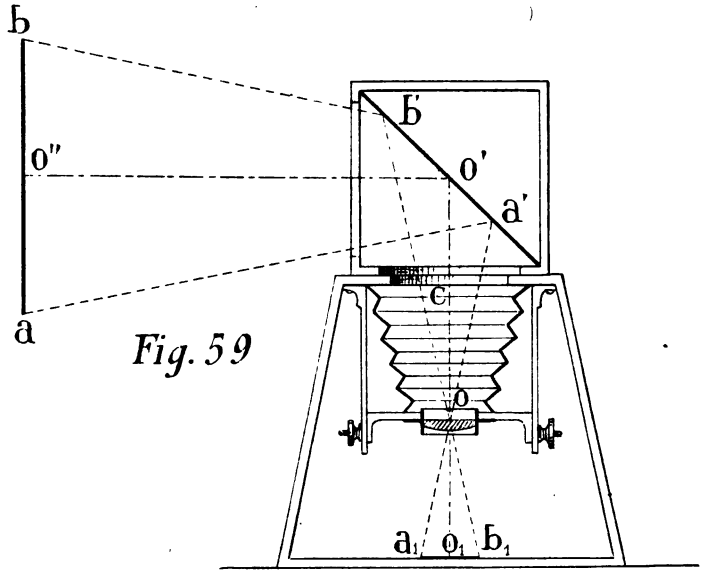


Fig. 59

más, como la distancia que puede recorrer el objetivo para enfocar se considera comprendida entre dos límites, uno de los cuales es 60 centímetros y el otro 30, coincidiendo este último con la escala $\frac{1}{70}$, dicha circunstancia exije, para que el objetivo pueda moverse entre dichos límites, que la cámara en su parte interior (fig. 59) vaya provista de un fuelle cuya mayor dilatación *o c* corresponda á un poco

más de la mitad de la altura $c\,o_1$ de la cámara. El espejo reflector $b'\,a'$ conviene sea fijo y mayor que el representado en la figura 57, en relación con la distancia $o'\,o$.

La disposición de cámara obscura representada en la figura 59 se halla indicada para utilizarla en la copia reducida de dibujos cuya escala se halle comprendida entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{10}$. Cuando se trata de copiar en perspectiva objetos del natural, los límites de la escala son ó suelen ser $\frac{1}{10}$ y $\frac{1}{100}$; entonces, como el trayecto que para enfocar recorre el objetivo es de pocos centímetros, no se necesita fuelle, pues basta con una cremallera convenientemente situada en el mismo objetivo y que permita el avance ó retroceso de éste dentro del tubo donde va enchufado. En este caso la cámara está dispuesta como se indica en la figura 57.

Otra deducción interesante se puede sacar del estudio de la citada tabla. Cuando la distancia del objetivo al plano donde se proyecta la imagen es la misma que mide el foco principal del objetivo, entonces se puede utilizar el aparato á *foco fijo* (1) en todas las escalas siguientes que constan en la tabla, incluso la de la coincidencia.

De lo expuesto se infiere que las dimensiones de la cámara obscura dependen de la longitud focal del objetivo y de los límites en que hayan de estar comprendidas las relaciones de escala con arreglo á las cuales haya de funcionar el aparato, tomando como término de comparación la dimensión altura.

En las cámaras de foco fijo, suele substituirse el objetivo por un prisma de sección triangular (fig. 60), con una cara lateral plana y las otras dos curvas, cóncava y convexa respectivamente.

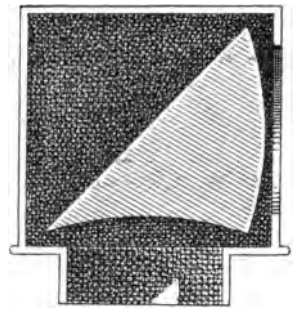
La cara convexa se coloca frente á los objetos que han de copiarse, y por reflexión total sobre la cara plana inclinada á 45° se envían los rayos luminosos al tablero, donde la

(1) Una cámara está montada á foco fijo cuando la situación del objetivo es invariable con relación al plano donde se proyecta la imagen. Muchas de las pequeñas máquinas instantáneas y los fotogemelos que utilizan los aficionados al arte fotográfico, están construídos bajo la base de dicho foco fijo.

imagen virtual por ellos formada puede calcarse á punta de lápiz.

Se puede observar que la diferencia entre el prisma descrito y el objetivo asociado al espejo formando ángulo de 45°

Fig. 60

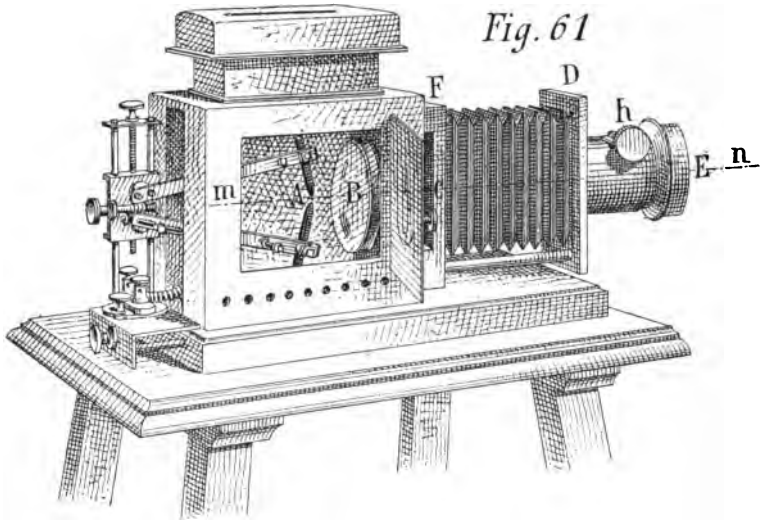


no es de poca ni mucha trascendencia para los efectos del funcionamiento de la cámara obscura; pero si se considera lo difícil y dispendioso que resulta adquirir un buen prisma, la elección no ofrece duda: siempre será preferible atenerse á los buenos oficios del objetivo, que además de amoldarse á todos los casos y circunstancias, es de coste más reducido, principalmente si se trata del objetivo simple, el más indicado para las necesidades del aparato descrito.

83. **Linterna de proyección.**—Este aparato, que en sus principios y con la denominación de *linterna mágica* se consideraba como un objeto de pasatiempo, casi un juguete, ha llegado al presente, después de sucesivos perfeccionamientos relacionados con los adelantos de la fotografía, á ocupar un lugar preferente en la serie de los que figuran como instrumentos auxiliares de las artes gráficas, si bien sus funciones quedan exclusivamente limitadas á la ampliación de dibujos con sujeción á determinada escala.

Se compone la linterna de proyección (fig. 61) de una caja metálica, montada sobre un soporte de madera, dentro de la

cual se coloca una luz de arco (1). En el frente va un condensador *B*; á continuación hay un espacio *C* donde se coloca en su correspondiente bastidor la imagen positiva (2) que ha de ser proyectada sobre una pantalla. Entre dos



tableros *F* y *D*, fijo el primero y móvil el segundo, se encuentra un fuelle que sirve para enfocar é impedir la salida de la luz interior por otro sitio que no sea el objetivo *E* situado en el tablero *D*, centrado de tal manera el sistema que la horizontal *m n* que pase rozando por el cráter del carbón inferior, coincida con el eje del condensador *B* y el del objetivo *E*.

Para hacer funcionar la linterna de proyección, se sitúa (diagrama fig. 62) frente á una pantalla *a' b'*, formada de lienzo blanco estirado sobre un bastidor y colocada per-

(1) También puede emplearse un mechero de incandescencia por gas ó por alcohol; igualmente dan resultado la luz oxhídrica, la de acetileno y la producida por una lámpara eléctrica sistema Nernst modelo *A* de 125 ó 250 bujías; pero ninguna de estas luces puede competir con la eléctrica de arco por sus excelentes cualidades.

(2) En el tecnicismo fotográfico se llama *imagen positiva,* ó, para abreviar, *positiva*, cuando los obscuros y los claros de la imagen están interpretados tal como se observan en el natural, y *negativa* cuando sucede lo contrario, es decir, que lo que debía ser claro está ocupado por el obscuro y éste por el claro.

perpendicularmente al eje *A N*, tanto más alejada la pantalla del aparato cuanto mayor se desee obtener el tamaño de la imagen en ella proyectada.

Puesta la positiva en su sitio, que es *M*, entre el condensador *B* y el objetivo *E*, y centrado el foco luminoso *A* de modo que coincida con el eje del objetivo, se moverá el

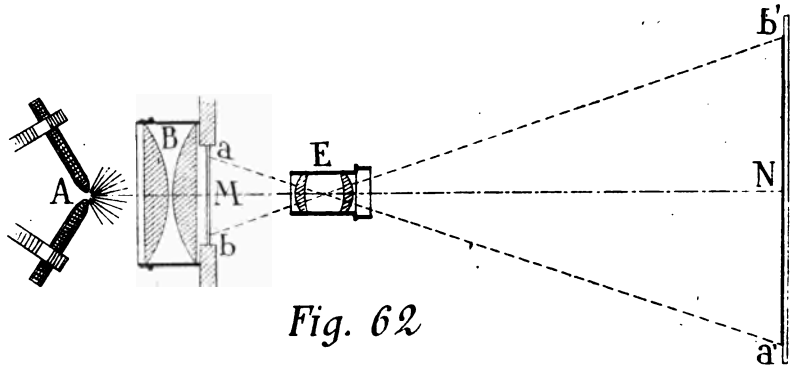


Fig. 62

tablero *D* (fig. 61) dilatando ó contrayendo el fuelle, hasta que por sucesivos tanteos se consiga proyectar con la mayor limpieza en *a' b'*, sobre la pantalla, la positiva en cristal ú otra materia transparente. Los últimos avances ó retrocesos, para afinar el enfoque se verifican haciendo funcionar el tornillo de coincidencia *h*.

Debe tenerse en cuenta, para poder dirigir los tanteos, que cuanto más grande se desee la imagen sobre la pantalla, mayor tendrá que ser la distancia que media entre ésta y el objetivo y menor la comprendida entre éste y la positiva.

84. Estableciendo comparaciones entre este aparato y la cámara obscura, no ha de tardarse en encontrar analogías y coincidencias que pongan de manifiesto el cercano parentesco de ambos aparatos, evidenciándose que las mismas leyes presiden la teoría en que se inspiran la estructura y funcionamiento del uno y del otro.

Del examen resultará que la linterna de proyección es una cámara invertida, en la que el objeto que se copia se halla substituído por la imagen proyectada en la pantalla, al paso que la positiva en la linterna ocupa el lugar de la imagen proyectada en el tablero correspondiente á la cámara obscura. De aquí el que la imagen proyectada por la linterna sea ampliación de la positiva; es decir, lo contrario de lo que ocurre con la cámara obscura, cuya imagen proyectada en el papel tendido sobre el tablero es reducción del objeto que se copia.

Por eso la tabla de distancias focales que figura más arriba (pág. 120) tiene inmediata y útil aplicación en el funcionamiento y disposición del aparato, sin más que considerar invertidas las relaciones de escala que figuran en la primera línea horizontal. Es decir que en lugar de las fracciones $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ etc., deben figurar en este caso $\frac{2}{1}$, $\frac{3}{1}$, $\frac{4}{1}$ etc., que convierten en escala de ampliación lo que antes, tratándose de la cámara obscura, era escala de reducción.

85. La utilización de este aparato como poderoso auxiliar en la práctica del diseño es por demás ignorada, pudiendo contarse en reducido número las personas que en tal concepto lo emplean; sin embargo son incalculables los servicios que, bien manejado, puede prestar al dibujante y al artista. Un ejemplo de los muchos que pueden citarse, llevará el convencimiento al ánimo de quien lo dude.

Se trata de componer una alegoría ú otro asunto que haya de ser desarrollado en pintura mural, figurar en un techo ó servir de cartón para tejer un tapiz.

La preocupación primera es dar forma al pensamiento en el obligado boceto que viene á ser como una revelación más ó menos aproximada, en pequeño, de lo que la obra será en el tamaño ampliado y definitivo, y aquí de la linterna de proyección; pues por su medio y con una pequeña positiva en cristal que se saque del boceto, no se necesita más

para proyectar la composición sobre el muro, el techo ó sobre una pantalla de apropiadas dimensiones, en el tamaño ampliado que convenga. Entonces su autor, con más amplitud que en el boceto, puede darse cuenta exacta de los aciertos, ó defectos si los hubiese, que hayan podido pasar desapercibidos á causa de la relativa pequeñez de dicho boceto.

Esto que, por el pronto no es más que un ensayo en el que se gana tiempo, no significa nada si se compara con la utilidad que reporta el poder pasar con carbón sobre el muro ó sobre la tela las líneas de la composición proyectada, con la misma facilidad que si se tratara de un calco.

¿Puede esta aplicación de la linterna compararse con los procedimientos de ampliación que se usan, valiéndose de cuadrículas unas veces, y empleando plantillas picadas y cisqueros otras?

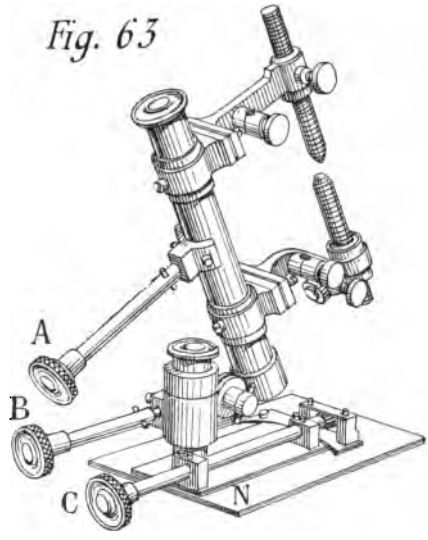
Quien tenga experiencia de los antiguos procedimientos y ensaye el que se menciona, no titubeará en declararse partidario de la linterna de proyección. Es más, allí donde la forma se halla expresada por líneas ajenas á la regla y el compás, como sucede con la ornamentación y la figura, cuya acertada interpretación, aun valiéndose de la cuadrícula, presenta tantas dificultades; todo esto que es tan laborioso, aun para los que lo practican á diario, lo da resuelto en muy poco tiempo, con la infalibilidad de la máquina, la linterna de proyección.

El procedimiento merece recomendarse en particular á los copiantes de cuadros de museos, pues con él tienen asegurada la mayor fidelidad en el dibujo de las copias sin más que disponer de una fotografía positiva transparente del cuadro original.

Demostrada, aunque en limitada esfera, la importancia del aparato en conjunto, bueno será describir en detalle cada uno de los elementos de que se compone.

86. *Iluminación de la linterna.*—Está demostrado por la experiencia, que la mejor iluminación para esta clase de aparatos ha de ser producida por un foco muy reducido, pero de una grande intensidad luminosa. Estas dos condiciones las reúne á satisfacción la lámpara de arco voltaico, convertida en aparato adaptable á la linterna, que puede regularse á mano ó automáticamente.

Entre los que pueden regularse á mano merece citarse, por sus buenas cualidades, el modelo representado en la figura 63. En él se pueden montar los carbones del mismo



diámetro ó distinto cada uno, se pueden aproximar el uno al otro mediante el tornillo *A*, y se pueden inclinar ó colocar en posición vertical por una articulación que une la armadura al soporte. Haciendo funcionar el tornillo *B* sube ó baja la citada armadura, consiguiendo por su medio centrar el foco luminoso en dirección vertical; por último, valiéndose del tornillo *C*, fijado en el soporte *N*, se puede correr la armadura con los carbones á la derecha ó á la izquierda según sea necesario para centrar el foco luminoso, moviéndole en sentido horizontal.

En los aparatos automáticos se regula por sí sola la distancia entre las puntas de los carbones, pero es muy difícil conseguir que el foco luminoso, una vez abandonado el aparato, se conserve mucho tiempo sin salir del eje del sistema. Este y otros defectos que tienen los aparatos automáticos han contribuído á que sean preferidos los regulables á mano, por los encargados de manejarlos con alguna frecuencia (1).

A estos aparatos acompañan otros suplementarios, llamados *reostatos,* que tienen por objeto oponer determinada resistencia al paso de la corriente eléctrica; su instalación deberá ser dirigida por un perito electricista.

Cuando la distancia que ha de mediar entre la pantalla y el objetivo es relativamente corta, seis metros ó menos, puede conseguirse la iluminación de la linterna en condiciones muy aceptables empleando una lámpara del sistema Nenst, cuya potencia luminosa no baje de 80 bujías. Sabido es que el filamento de estas lámparas está recubierto de una substancia blanca semejante á la que se emplea en los manguitos de incandescencia que se utilizan en el alumbrado de gas, y que por su medio se produce una luz blanca de extraordinario brillo y reducido foco, comparable por estas circunstancias á la luz de arco, pero que tiene sobre ésta la ventaja de la fijeza absoluta, por no necesitar, una vez centrada, los cuidados y atención que exige la luz de arco en la corrección de inevitables variaciones del foco luminoso. La lámpara Nenst no necesita reostato, porque este aparato forma parte del cuerpo de ella.

87. *Condensador.*—Se compone este elemento (fig. 64), en su tipo más corriente, de dos lentes gemelas plano-convexas montadas en un anillo de cobre con la convexidad vuelta

(1) En los aparatos de proyección que funcionan á diario en los cinematógrafos, se regulan los carbones del arco á mano, empleando mecanismos semejantes al que se ha descrito (fig. 63).

hacia el interior. La función del condensador se reduce á recoger el mayor número de rayos luminosos, distribuyéndolos por igual en toda la superficie del cristal que ocupa la positiva que haya de proyectarse. Por consiguiente, el diámetro del condensador ha de exceder en un centímero por lo menos á la longitud de la diagonal trazada en el rectángulo que limita la superficie que ocupa la citada positiva.

Esta condición debe tenerse en cuenta únicamente para calcular el tamaño que haya de darse á la positiva, subordinándole al que ya tenga el condensador en un determinado modelo de linterna, puesto que los fabricantes de esta clase

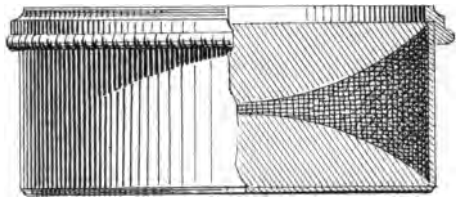


Fig 64

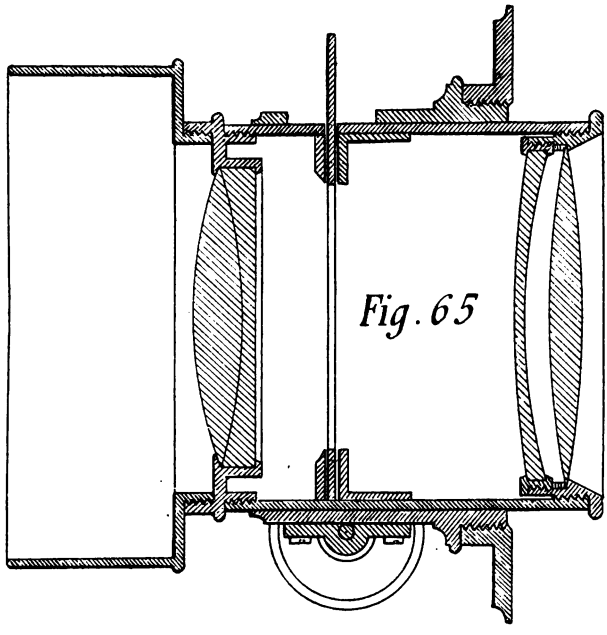
de aparatos ya cuidan de relacionar bien el tamaño de cada uno de los elementos con arreglo al modelo que se proponen construir.

Los tamaños más corrientes en los diámetros de los condensadores son 103, 109 y 115 milímetros, correspondiendo á cada uno de estos tres tamaños la distancia focal de 75 milímetros. Los hay también de 122, 152, 204, 228 y 305 milímetros de diámetro; estos condensadores se destinan á linternas de proyección de tamaño y condición especiales.

88. *Objetivo.*—En la linterna de proyección el objetivo es un elemento de la mayor importancia, puesto que de él dependen la limpieza, claridad y otras buenas cualidades que han de avalorar la imagen proyectada sobre la pantalla.

El que más generalmente se ha venido empleando, es el objetivo doble para retratos, inventado á mitad del pasado

siglo por M. Petzval, en Viena. Pertenece al grupo de objetivos *aplanáticos*, por lo que posee la cualidad de dar imágenes limpias en cualquier punto del plano focal que abarca, aun cuando se use á toda abertura, es decir sin diafragma, circunstancia que permite aprovechar la mayor cantidad de



luz en la proyección de la imagen sobre la pantalla sin que por eso desmerezcan la finura y el carácter de las líneas, por estar exenta dicha imagen de los defectos de astigmatismo y distorsión.

En la actualidad también se emplea con éxito, en los aparatos de proyección, un objetivo compuesto de dos lentes cóncavo-convexas simétricas que producen imágenes detalladas conservando la rectitud de sus líneas en cualquier parte del campo donde se proyecte la imagen (1).

Dichos objetivos, provistos de diafragma iris, son los más á propósito para obtener, trasladando cualquiera de

(1) Este objetivo, llamado anastigmático, se emplea con preferencia, por su relativa luminosidad, en las buenas cámaras que se destinan á obtener *instantáneas*.

ellos á la máquina fotográfica, negativas de donde á su vez hayan de sacarse positivas para utilizarlas en la linterna, especialmente si éstas son reproducciones de bocetos, dibujos, grabados, etc.

Uno de los factores que más directamente influyen en el tamaño de la imagen proyectada sobre la pantalla, es el que se conoce con el nombre de *distancia focal principal*, de la cual se trató al describir la cámara obscura (**80**). La longitud de dicha distancia está en razón inversa de la magnitud de la imagen proyectada: así un objetivo cuya distancia focal principal sea de 10 centímetros, proyectará una imagen mayor que la que pueda dar otro de 15 centímetros de foco, colocados los dos á 90 centímetros de la pantalla, puesto que el de foco 10 producirá una imagen 8 veces mayor que la positiva, mientras que el objetivo de foco 15 solamente dará dicha imagen con una ampliación 5 veces mayor. Esta observación se comprueba examinando los datos que pueden deducirse de la tabla de distancias focales relativas (v. pág. 120).

Otra circunstancia digna de notarse es que la imagen proyectada en igualdad de condiciones por el objetivo de menor distancia focal, resulta más pálida que la proyectada por el otro objetivo que mide mayor distancia focal. Esto tiene fácil explicación, puesto que á mayor distancia focal corresponde mayor abertura en el objetivo y por tanto mayor cantidad de luz proyectada en la pantalla, y menos esparcida. De todas estas consideraciones pueden deducirse consecuencias favorables á la adopción del objetivo cuya mayor ó menor distancia focal haya de preferirse en determinadas circunstancias, siempre y cuando el aparato vaya provisto de fuelle que permita gran margen en la distancia variable comprendida entre el objetivo y la positiva. Entonces el cambio de un objetivo por otro de distinto foco puede hacerse con mucha facilidad.

89. *Positivas transparentes.*—Consisten en un dibujo ó en una fotografía obtenidos sobre cristal ú otra materia transparente. Colocada la positiva en el sitio que debe ocupar en el aparato, la luz se filtra á través de ella según la mayor ó menor transparencia de los claros y medias tintas, dando sobre la pantalla una imagen cuya mayor intensidad luminosa corresponde á los claros y la menor á los obscuros.

El tamaño de la positiva depende del diámetro del condensador, según oportunamente se ha indicado (**87**), debiendo siempre ser más pequeña que el campo luminoso de dicho condensador. Suponiendo que el diámetro de éste mide 103 milímetros, el largo del rectángulo que ocupa la imagen positiva en el cristal conviene no pase de 50 milímetros; así podrá caber en una pequeña placa de 60 por 65 milímetros correspondiente á la sexta parte de otra de las que se encuentran en el comercio cortadas al tamaño de 13 por 18 centímetros.

Las positivas pueden hacerse de dos modos: dibujadas y fotografiadas. En las positivas destinadas al aparato de proyección, cuando únicamente interesa reproducir los contornos y dintornos de la imagen, pueden delinearse éstos sobre el cristal con la perfección deseada empleando la pluma de dibujo, el tiralíneas y la tinta de China y preparando antes el cristal de la manera indicada más arriba al describir el hyalógrafo (**66**).

También puede obtenerse una positiva con gran finura de líneas grabando éstas con una punta de acero sobre una hoja de gelatina é impregnando lo grabado con rojo inglés. En este caso se coloca la positiva grabada entre dos cristales delgados, que se mantendrán unidos por medio de una tira de papel pegado alrededor de los bordes, y sin más puede ya prestar servicios dando sobre la pantalla una imagen limpia y vigorosa.

Cuando el papel que contiene un grabado, ó un dibujo delineado á la tinta de China, es delgado y de buena calidad, se

puede convertir en positiva transparente impregnándole por detrás de vaselina caliente, quitándole el exceso de ella con una bolita de algodón en rama y colocándole entre dos cristales unidos por el borde con una tira de papel pegado. Esta positiva no posee la diafanidad de la hecha sobre cristal, pero en trabajos poco minuciosos da buen resultado y requiere menos tiempo de preparación que el que puede invertirse en las positivas sobre cristal ó gelatina.

90. *Positivas fotografiadas.*—Para obtener estas positivas en cristal se necesita una máquina fotográfica de fuelle cuyo tamaño sea de media placa y estar al corriente del procedimiento que se sigue para conseguir la reproducción fotográfica de un dibujo ó de un objeto cualquiera. A este fin se describen estas operaciones á continuación para aquellos lectores que no estén familiarizados con dichos procedimientos.

Cortada con el diamante que usan los vidrieros una placa de 13 por 18 centímetros en seis placas iguales de á 60 por 65 milímetros (operación que se hará en el cuarto obscuro alumbrándose con luz roja exenta de filtraciones actínicas), se toma una de estas seis placas y se coloca en el centro del bastidor de la máquina mediante una tablilla intermediaria que se tendrá adecuada á este tamaño. En el centro del cristal esmerilado se dibujará un cuadrado de 5 centímetros de lado y á su alrededor el contorno de un rectángulo de 60 por 65 milímetros, de modo que resulte entre cuadrado y rectángulo un margen promediado, teniendo por supuesto en cuenta que la situación del rectángulo ha de corresponder exactamente con la que tiene la placa del mismo tamaño que ha de ser colocada en el chasis.

Colocado el original que se va á fotografiar en un tablero plano y vertical de modo que el centro de este dibujo coincida con el eje del objetivo, se procederá á la operación de enfocar, que en este caso consiste en producir, ajustándose á

los límites del cuadrado dibujado en el cristal de la máquina, la imagen del modelo con la mayor finura en los detalles. Para ello, una vez calculada la distancia que debe mediar entre el original y el objetivo, se hará funcionar la cremallera del objetivo aumentando ó disminuyendo la distancia de éste al cristal esmerilado hasta conseguir se destaque en él la imagen con la limpieza y claridad debidas. Después se substituye dicho cristal por el bastidor con la placa, se coloca un diafragma de 7 milímetros de diámetro, y una vez levantada la tablilla del bastidor que cubre la placa se destapará el objetivo. Estas operaciones hay que hacerlas con movimientos tranquilos para evitar vibraciones en la máquina mientras dura la exposición.

El tiempo de exposición de la placa á los rayos de la luz que entra por el objetivo puede durar de 15 á 40 segundos, según la intensidad de la luz y la blancura del papel, si es un dibujo el original; partiendo del supuesto que el objetivo tiene 12 centímetros de distancia focal y las placas son de Lumière.

La placa impresionada puede ya revelarse en un baño compuesto de:

A	Agua caliente	50 c. c.
	Sulfito de sosa	12,5 gramos.
	Se disuelve y agrega:	
	Hidroquinona	3 »
B	Agua	100 c. c.
	Carbonato de sosa cristalizado	25 gramos.

Se mezclan las soluciones *A* y *B*, y después de filtrada la resultante se puede utilizar. Es muy conveniente mezclar el revelador reciente con otro que haya servido varias veces, así como también calentarlo á 20° en los días fríos del invierno.

El baño revelador á la hidroquinona se conserva mucho tiempo en un frasco bien tapado y resguardado de la luz.

Cuando adquiere por el uso una coloración semejante á la del café, es señal de que está inservible.

La operación de revelar debe hacerse á la luz roja, permaneciendo la placa en el baño hasta la completa aparición en negro de todos los detalles de la imagen negativa. Entonces se lava en agua y acto continuo se traslada al baño de fijar, que se compone de hiposulfito de sosa disuelto en agua en la proporción de 15 por 100.

Cuando haya desaparecido de la placa hasta el menor resto de emulsión, es decir, cuando quede transparente en las partes no impresionadas por la luz, se saca del baño y se lava cuidadosamente en varias aguas hasta eliminar el hiposulfito; después se seca á la sombra.

De la negativa así obtenida, se saca la positiva operando como sigue:

En una prensa de las que se usan para obtener positivas se coloca primero la negativa y en contacto con ésta, por el lado de la emulsión, una placa del mismo tamaño de las que exprofeso se fabrican al clorobromuro de plata para positivas transparentes. Se cierra la prensa (la carga y descarga de ella se hace á la luz roja) y se expone á la luz de una lámpara eléctrica de 5 bujías durante 20 á 40 segundos, procurando que de la prensa á la luz medie una distancia de 70 á 80 centímetros. Después se revela en el baño de hidroquinona de la manera indicada al tratar de la negativa, se fija en el hiposulfito al 15 por 100, se lava y una vez seca se cubre con otro cristal limpio por la parte de la emulsión, se unen ambos por los bordes con una tira de papel engomado y se tiene la positiva en disposición de utilizarla colocándola en el sitio correspondiente del aparato de proyección.

91. *Funcionamiento de la linterna de proyección.*— Con lo anteriormente expuesto basta para conocer el aparato en conjunto y por las relaciones que unen á sus elemen-

tos; pero para poder valerse de él con fruto en las aplicaciones del dibujo, bueno será consolidar lo que antecede con ejemplos prácticos. Uno de éstos, convenientemente discutido, será suficiente para conseguir el objeto propuesto.

Supongamos que, dadas la distancia focal del objetivo, la altura de la positiva y la que ha de tener la imagen proyectada en la pantalla, se trata de determinar las distancias que puedan mediar entre la positiva y el objetivo, y entre éste y la pantalla. Cuestión es ésta que, por lo que afecta á la capacidad del local donde haya de operarse, puede tener relativa importancia en determinados casos.

Sea, por ejemplo, 15 centímetros la distancia focal ó foco del objetivo, 5 centímetros la altura de la positiva y 200 centímetros la altura de la imagen que haya de proyectarse sobre la pantalla. Dividiendo la altura de la imagen proyectada, por la altura correspondiente á la positiva, se tendrá $\frac{200}{5}$, ó bien, simplificando, $\frac{40}{1}$, expresión que indica la relación de magnitud que hay entre las dos alturas, es decir, la escala de ampliación.

Con este dato y la distancia focal 15, no se necesita más para encontrar en la *Tabla de distancias focales relativas* el resultado que se busca. Para ello, á partir de la fracción $\frac{1}{40}$ (1) siguiendo la columna vertical y donde ésta encuentra á la horizontal que encabeza el n.° 15, distancia focal del objetivo, se encuentra una casilla con dos números: el de arriba, 6,15, indica en metros y centímetros la distancia que mediará de la pantalla al objetivo, y el de abajo, 0,15, en centímetros solamente la que habrá del objetivo á la positiva. De este resultado se deduce la necesidad de disponer de un local cuya longitud sea poco mayor de 6,30 m. para desa-

(1) Conviene recordar, acerca del uso de esta tabla, la advertencia que se hizo de invertir las fracciones que figuran en la primera línea horizontal cuando, como en el caso presente, se refiere ó corresponde á una escala de ampliación. En virtud de esta consideración, la expresión $\frac{1}{40}$ invertida resultará $\frac{40}{1}$, que significa 40 veces mayor que la unidad.

rrollar la ampliación en la escala propuesta, ó sea 40 veces mayor que la positiva.

Pudiera ocurrir que la altura de la imagen proyectada fuera de 225 centímetros en lugar de 200. Entonces, indicada la división de 225 por 5 y hecha la simplificación posible, resultaría la fracción $\frac{45}{1}$ correspondiente á $\frac{1}{45}$, que no existe en la referida tabla. Para encontrar el resultado se multiplicará 5, que es la diferencia entre 45 y 40, por 0,15 distancia focal del objetivo, y el resultado se añadirá á 6,15 ó se restará de 7,65. La cifra obtenida 6,90 metros representa la distancia que en este caso media entre el objetivo y la pantalla. Ahora, para averiguar lo que hay del objetivo á la positiva, será preciso recurrir á la ecuación de los focos conjugados:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

(**80**), y después de substituir en ella los valores conocidos f y d, se despejará d', valor correspondiente á la distancia que se busca.

Del resultado que acaba de obtenerse en este caso particular que sirve de ejemplo, se deduce que para llevarle á la práctica es necesario un local cuya longitud por lo menos sea de 7,05 metros: pero es el caso que la mayor longitud no da más de 6 metros. ¿Cómo resolver el problema de distanciar la linterna de la pantalla los 7,05 metros? Para salir del paso, suponiendo que la proyección de la imagen ha de ser calcada en el muro (que en esta ocasión substituye á la pantalla) hay tres medios.

Consiste el uno en descomponer (fig. 66) la distancia $PM' = 7{,}05$ metros en dos segmentos $PN = 5$ metros y $NM = 2{,}05$ metros, dispuestos de modo que formen ángulo recto. Esta descomposición se hace valiéndose de un espejo plano cd colocado en posición vertical y formando ángulo de 45º con el eje PN.

En esta disposición, los rayos luminosos que parten de M van á dar en cd sobre el espejo, de donde son reflejados,

proyectándose por este medio sobre el muro, en *a b*, la imagen al tamaño propuesto.

El segundo medio consiste en aumentar el tamaño de la positiva en proporción debida, para que la imagen proyectada alcance el tamaño propuesto, ciñéndose, para la operación de enfocar, á la que antes era insuficiente longitud del local. El problema, en concreto, se reduce á determinar la

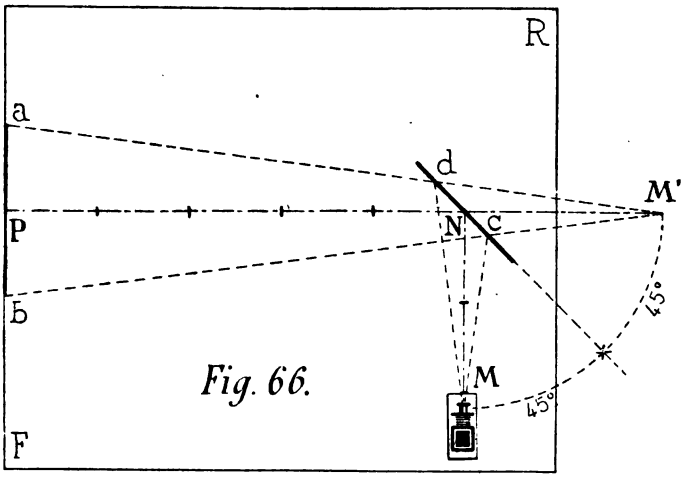


Fig. 66.

altura que haya de tener la positiva en el caso de que la altura de la imagen proyectada sea de 200 centímetros y la longitud del local donde se haya de operar con la linterna sólo mida 500 centímetros, por ejemplo.

Para resolverlo se tendrá en cuenta que la suma de los valores *d* y *d'*, que respectivamente representan las distancias que hay de la pantalla al objetivo y de éste á la positiva, no puede exceder de 500 centímetros que mide á lo largo el local donde ha de funcionar el aparato. Por consiguiente se buscará en la *tabla de distancias focales* relativas, línea horizontal que empieza con la fracción decimal 0,15, dos números (*d* y *d'*) cuya suma se aproxime á 500. Encontrados dichos números en la casilla que ocupa el décimo cuarto lugar en la mencionada línea horizontal, el de arriba, $d = 4{,}65$, representará la distancia que media de la

pantalla de proyección al centro del objetivo, y el de abajo, $d' = 0{,}16$, la que hay desde dicho centro á la positiva.

Recordando ahora que las respectivas alturas a' y a, de las imágenes positiva y proyectada, son entre sí como las distancias correspondientes á d' y d, ó, lo que es lo mismo,

$$\frac{a'}{a} = \frac{d'}{d},$$

se tendrá, substituyendo valores en esta igualdad,

$$\frac{a'}{200} = \frac{16}{465};$$

de donde $a' = 6{,}9$ centímetros, que corresponden á la altura que ha de dársele á la positiva, con arreglo á la longitud del local de que se dispone. Que convendrá llegue dicha altura á 7 centímetros, no cabe la menor duda, puesto que así podrá reducirse algo más la distancia $d + d'$ y se podrá maniobrar con relativo desahogo.

El tercer medio se reduce á un cambio de objetivo, operación que sólo puede hacerse cuando la linterna está dotada de fuelle.

Los términos de la cuestión en este caso se encierran concretándolos en esta pregunta: ¿Qué foco habrá de tener el objetivo para proyectar una imagen cuya altura sea de 225 centímetros, sobre el muro de un local que mide 6 metros de largo por 5,50 de ancho?

La contestación, en este caso, se hallará mediante la *tabla* de distancias focales relativas (v. pág. 120), buscando en la columna vertical que encabeza la fracción $\frac{1}{50}$ (1) los dos números solicitados que mejor cumplen dicha condición $\binom{6{,}12}{0{,}12}$, que se hallan en la 6.ª casilla contando de arriba abajo. Ahora, partiendo de esta casilla en línea horizontal hacia la iz-

(1) Como en la tabla no se encuentra la fracción $\frac{1}{45}$ que invertida $\left(\frac{45}{1}\right)$ daría la escala de ampliación correspondiente $\frac{225}{5}$, lo natural es que se tome la más próxima en el orden superior, pues ha de tenerse presente que lo que se busca no son magnitudes precisas, sino objetivos de foco apropiado para funcionar dentro de ciertos límites.

quierda, en llegando á la primera columna vertical, se encontrará el número 0,12, que expresa la medida del foco que debe corresponder al objetivo para que pueda funcionar el aparato en las condiciones de local indicadas y sin recurrir al espejo. Es claro que con un objetivo de menor foco

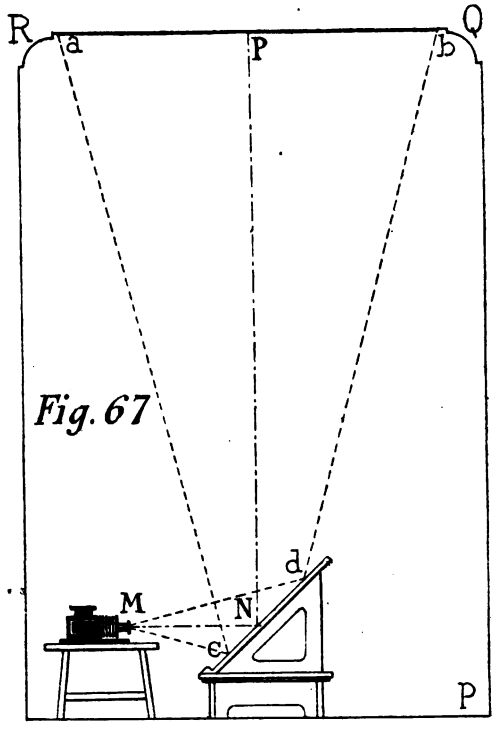


Fig. 67

aun se podría reducir considerablemente la distancia $d + d'$, ó sea la suma de las distancias del muro al objetivo y de éste á la positiva, pero no habiendo absoluta necesidad no conviene emplear objetivos de foco corto.

El recurso del espejo inclinado á 45º debe emplearse cuando la imagen se haya de proyectar en un techo, bien para calcar en él sus contornos, ó para juzgar por anticipado del efecto de la composición decorativa que haya de figurar en dicho lugar; sólo que entonces habrá de regularse la posición del espejo (fig. 67) en consonancia con la dirección de

los rayos luminosos en los dos trayectos recorridos, *MN* y *NP*, que deben formar ángulo recto entre sí, y de 45° con el plano de dicho espejo *c d*. Por lo demás, en dicha figura 67, que representa en alzado ó proyección vertical la disposición del local y situación del aparato, puede suponerse en *a b* la proyección de la imagen sobre el techo *R Q*, en *c d* el espejo montado sobre un pie y en *M* la linterna colocada sobre una mesa que á su vez descansa en el suelo del local.

En el caso que la imagen hubiera de proyectarse en el suelo, situación que no tendría nada de particular al hacer aplicación del aparato para el trazado de telones ó decoraciones escenográficas, entonces sería necesario colocarle en combinación con el espejo, situándole cerca del techo en alguna palomilla ó andamio ligero y firme que no impidiera el libre acceso de los rayos luminosos al suelo y que permitiera poder llegar al aparato para centrar la luz y enfocar la imagen al tamaño deseado.

También se indica el empleo de la linterna para el trazado de perspectivas sobre superficies curvas, correspondiendo á éstas el intrados de una bóveda, el paramento interior de un muro cilíndrico donde haya de pintarse un panorama, las que suponen aplicaciones á cual más variadas de este aparato, de las cuales no puede hacerse un estudio especial en este libro, porque resultaría entonces materia más que suficiente para escribir otro.

De todos modos, con lo expuesto basta para formarse idea del papel importante que la linterna ó aparato de proyección desempeña en el dibujo aplicado á las artes decorativas y del partido ventajoso que, traducido en economía de tiempo y perfección de la obra, puede sacarse estudiando á fondo teórica y prácticamente la linterna de proyección, que puede considerarse como uno de los aparatos auxiliares de utilidad más positiva.

92. Megascopio.—Este aparato, análogo en sus aplica-

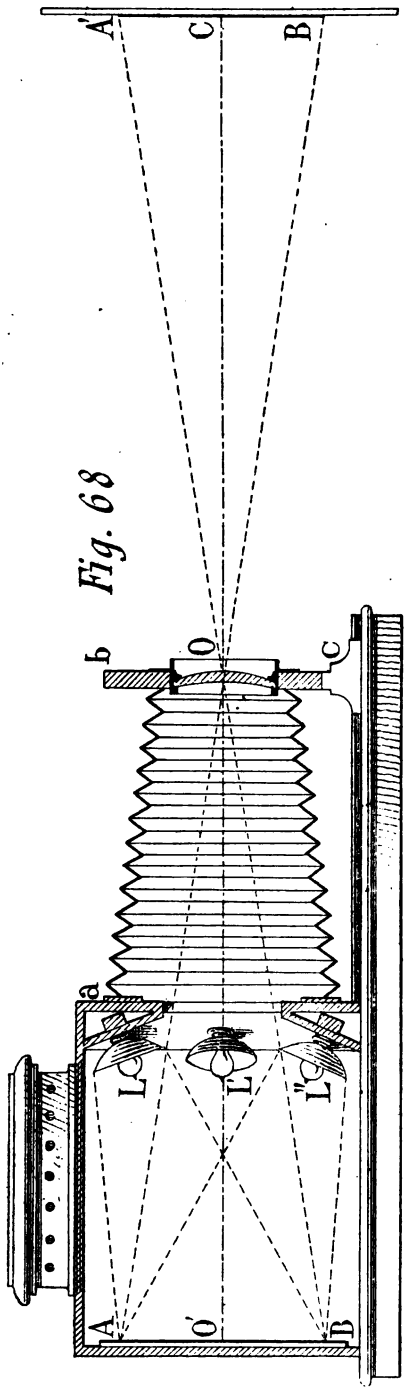


Fig. 68

ciones á la linterna de proyección, se diferencia esencialmente de ella en que la positiva, que puede ser un dibujo, un grabado, una fotografía, etc., carece de transparencia; y así como en la linterna la luz se filtra á través de la positiva, en el megascopio esta misma luz se refleja en la superficie de la mencionada positiva, y atravesando el objetivo, van á parar sus rayos á una pantalla, donde á semejanza de lo que ocurre con la linterna, se forma la imagen ampliada de la positiva opaca.

Se compone el megascopio (fig. 68) de una caja de madera en cuyo frente se halla instalado un fuelle que sirve para aumentar ó disminuir la distancia *OO'* que media entre el objetivo y la positiva, facilitando así la operación de enfocar. En el tablero *b c*, que es móvil, va colocada una lente convergente, semejante á la de la cámara obscura y que sirve de objetivo. En la parte interior de la caja medianera al fuelle, se hallan instala-

das cuatro lámparas eléctricas de incandescencia, L, L' L'', L''', las cuales, provistas de reflectores parabólicos, dirigen el conjunto de rayos luminosos sobre la positiva colocada en el bastidor AB, produciendo una iluminación intensa y uniformemente distribuída por toda la superficie de dicha positiva.

Este sistema de iluminar el aparato permite variar, según las circunstancias lo exijan, la intensidad de la luz, que puede estar comprendida entre dos límites, 40 y 100 bujías, según que se empleen 4 lámparas de 10 ó de 25 bujías. Ha de tenerse en cuenta que un exceso de luz no perjudica; al contrario, es siempre conveniente para conseguir limpieza y claridad en los detalles de la imagen proyectada.

Es de rigor que en el sitio donde se haya de emplear el megascopio no haya más luz que la que sale por la lente; con ella basta para poder pasar á punta de lápiz las líneas de la imagen proyectada, cuidando de ladear la cabeza y colocar la mano de manera que no queden interceptados los rayos luminosos que salen del interior del aparato á proyectar la imagen sobre la pantalla. No está de más advertir que la mencionada imagen A' B' se proyecta invertida, lo mismo que ocurre con la linterna de proyección; por tanto, para que salga en su natural posición, se coloca el original invertido en el bastidor A B. Los mismos principios de Óptica que regulan el funcionamiento de la linterna de proyección son aplicables al megascopio.

La longitud focal del objetivo, las distancias que puede haber de la pantalla al objetivo y de éste á la positiva para proyectar una imagen de magnitud determinada y aun el tamaño de la positiva, son factores que influyen de idéntica manera en la resolución del problema con respecto á la linterna y al megascopio: factores cuyos datos métricos deben tenerse en cuenta, no solamente por lo que influyen en la buena marcha, sino por lo necesarios que son en la cons-

trucción del aparato cuando hayan de calcularse sus dimensiones principales.

En consideración á lo que antecede y para no incurrir en repeticiones, el lector podrá asimilar, tratándose del megascopio, lo expuesto al tratar de la linterna de proyección (**84** á **91**) y hacer idéntico uso de la *Tabla de distancias focales relativas.*

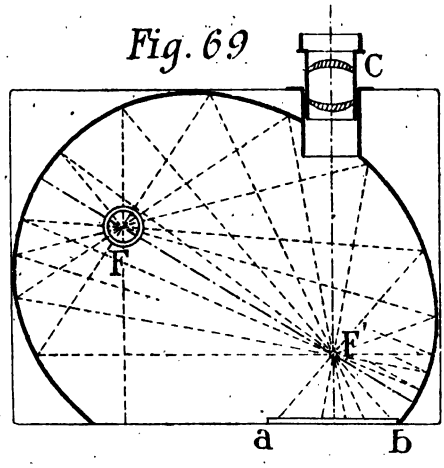
Bueno será advertir que á causa de la especial disposición de la luz, el uso del megascopio no está indicado para grandes ampliaciones que rebasen un límite en el que la copia resulte 25 veces mayor que el modelo colocado en *A B*. Esta, al parecer, deficiencia del aparato, deja de serlo si se considera que el tamaño de la positiva es siempre mayor en el megascopio que en la linterna de proyección, lo cual influye también en el mayor tamaño de la imagen proyectada con el megascopio. Así, por ejemplo, un grabado cuyo largo sea de 10 centímetros, ampliado á 25 veces su tamaño con un objetivo que tenga 15 centímetros de foco, dará una imagen sobre la pantalla que tendrá de largo 250 centímetros; tamaño relativo que puede considerarse excepcional en las prácticas usuales del dibujo.

El megascopio puede emplearse especialmente en las ampliaciones de dibujo topográfico, con resultados muy satisfactorios, y también para obtener copias, ampliadas con relación á escala, de órganos de máquinas, detalles arquitectónicos, ornamentación, retratos, etc.

93. Una variedad del megascopio es la cámara *Maravilla,* en la cual con un mechero de petróleo se obtienen resultados relativamente satisfactorios si se tiene en cuenta la escasa potencia del foco luminoso. Los resultados se deben á la forma de elipsoide de revolución (fig. 69) que tiene la superficie interior del aparato, en uno de cuyos focos *F* va situada la luz, y en las proximidades del otro *F'* se coloca el dibujo, fotografía ó grabado puesto sobre un bastidor en *a b*. Al otro

lado de *F*, frente al bastidor *a b*, se halla colocado el objetivo *C*, y por último, á distancia conveniente, la pantalla donde ha de proyectarse la imagen ampliada, que como es sabido se emplaza delante del mencionado objetivo.

A causa de carecer de fuelle la cámara llamada *Maravilla*, el aumento ó reducción de la distancia disponible para



enfocar queda supeditada á lo que pueda avanzar ó retroceder el objetivo dentro de su montura. Teniendo en cuenta la indicada restricción, que tanto puede afectar á las funciones del aparato en determinados casos, resulta éste inferior y menos apropiado en las aplicaciones gráficas que sus similares: la linterna de proyección y el megascopio anteriormente descritos.

94. Epidascopio.—Este aparato no es más que el megascopio, reformado por M. Culmann. La reforma ó modificación sólo afecta á la disposición y aprovechamiento del foco luminoso, que en este aparato (diagrama fig. 70) se produce por una luz eléctrica *A* de 30 ó más ampères; la cual, mediante un reflector parabólico *m n*, manda los rayos luminosos al espejo *a b*, desde donde pasan á iluminar el grabado, fotografía ó dibujo colocado en *r s*.

Á su vez los rayos que parten del modelo *r s*, pasando á través del objetivo *F*, van á reflejarse en un segundo espejo *c d*, de donde, por último, pasan á la pantalla *p q* en la que se proyecta con toda claridad, suponiéndola ya enfocada, la ampliación del dibujo original colocado en *rs*. Por precaución, conviene colocar en *B*, un recipiente de cristal lleno de

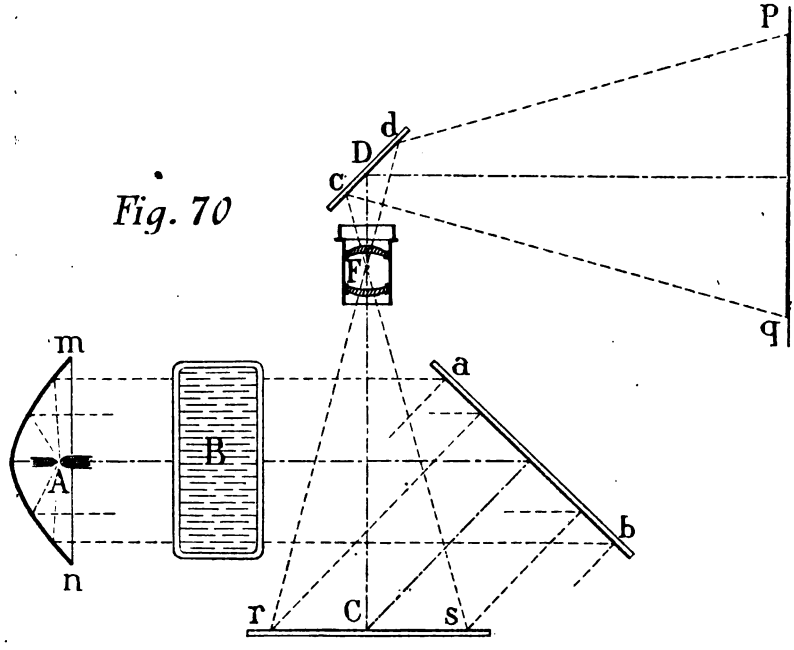


Fig. 70

agua que se renueva constantemente por medio de dos orificios, uno de entrada y otro de salida. Por este medio queda interrumpida la irradiación de calor producida en su mayor grado de intensidad, á causa de coincidir el foco luminoso con el geométrico del reflector, cuya superficie cóncava corresponde á la de un paraboloide de revolución, evitando así el posible deterioro del primer espejo.

Este mismo aparato, con variaciones de situación en algunos de sus elementos, sirve además para obtener ampliaciones de positivas transparentes. En tal caso (diagrama fig. 71) los rayos luminosos que se originan en *A* son envia-

dos por el reflector sobre el espejo *a b* (1), de éste son reflejados en el segundo espejo *e d* (2), de aquí pasan por el condensador situado en *D*, atraviesan la positiva *r s*, y penetrando en el objetivo *F*, van á proyectar sobre una pantalla

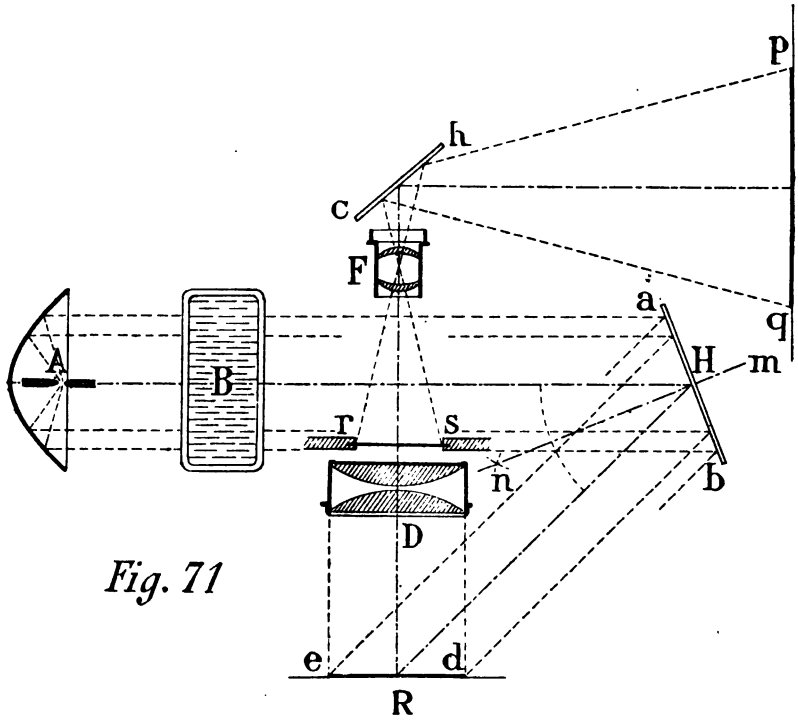


Fig. 71

la imagen ampliada en *p q*, después de reflejarse en un tercer espejo *c h*, que forma un ángulo de 45° con el eje óptico.

El epidascopio, ya se use para proyectar imágenes ampliadas mediante positivas opacas ó transparentes, está

(1) La situación del espejo *a b* se determina colocando su plano perpendicular á la bisectriz *m n* del ángulo en *H*, el cual se forma con los respectivos ejes de incidencia y de reflexión.

(2) En este caso, la posición del espejo *e d* habrá de variarse, colocándole perpendicular á la bisectriz del ángulo *H R D*. De este modo, los rayos luminosos reflejados en *e d* seguirán la misma dirección que el eje óptico del sistema formado por el condensador *D* y el objetivo *F*.

Para la proyección de positivas opacas, es necesario retirar el condensador *D* y la positiva transparente *r s*, conservando para los demás elementos la misma posición que tienen en el diagrama (fig. 71); pero teniendo en cuenta que la positiva opaca, en tal caso, se colocará sobre el plano *e d*.

siempre sujeto á las mismas leyes ópticas que la linterna de proyección y el megascopio; por consiguiente, todo lo dicho respecto á estos aparatos, en teoría confirmada con ejemplos, tiene idéntica aplicación para el empleo del epidascopio como instrumento auxiliar del dibujo, incluso la utilización de la *tabla de distancias focales relativas* (pág. 120).

95. El manejo de aparatos en los que funciona luz eléctrica de arco voltaico exige elementales conocimientos de electrotecnia acompañados de alguna práctica, y se expone á serios accidentes el que estando al cuidado de ellos ignora las propiedades del mecanismo puesto en sus manos.

Debe cuidarse también de la limpieza de lentes y espejos cuando éstos llegan á empañarse, empleando para ello alcohol y un lienzo usado y limpio, desmontando por supuesto las lentes del objetivo mientras se verifica dicha limpieza; pero se tendrá cuidado de tomar nota del sitio y posición que ocupan, para que al tiempo de montarlos de nuevo no cambien de posición ó de sitio, pues si cualquiera de estas dos cosas ocurriera, el objetivo quedaría inútil hasta que se enmendara el yerro.

También las lentes gemelas del condensador suelen recoger polvo, que pasa al interior de la montura por dos agujeros practicados en ella. La limpieza de dichas lentes se hace por medio de alcohol, desarmando el anillo de cobre por la rosca de que va provisto.

Las piezas de metal, cuando se oxidan, pueden limpiarse con la goma de borrar tinta, y si alguna necesita engrasarse, se emplea la vaselina pura en las mismas condiciones que si se tratara de la conservación de compases y pantógrafos.

CAPÍTULO V

Material que se emplea en el lavado ó acuarela

Complemento obligado de la delineación es el lavado, mediante el cual los objetos representados adquieren apariencia corpórea y hasta dan cumplida idea de los materiales que entran en su construcción, merced al acertado empleo de tintas llamadas convencionales.

El material comúnmente empleado en esta importante manifestación gráfica se reduce casi exclusivamente á pinceles y colores.

96. Pincel.—Es uno de los adminículos más necesarios, y se emplea para extender y dar forma á las aguadas sobre el papel. Consiste en un pequeño manojo de pelos finos atado por su parte más gruesa y enchufado en un cañón de pluma ó en un tubo de metal (fig. 72) al que se le añade un mango de madera. Tiene la propiedad de formar punta cuando se le moja.

En la confección de pinceles se emplean diferentes clases de pelo; pero los que dan mejor resultado en las operaciones de acuarela y lavado son los formados con el de ardilla ó con el de marta. Aun en una misma clase de pelo hay distinciones, siendo más estimado el pincel que se hace con pelo procedente de la piel del lomo del animal.

La operación de formar un buen pincel es de las más difíciles y entretenidas; han de elegirse los pelos, con especial cuidado los que se destinan á formar la punta, reuniéndolos de tal modo antes del atado definitivo, que los más largos ocupen el centro del manojo, siguiendo en longitud decreciente hasta colocar los más cortos al exterior. La diferencia de longitud entre los pelos que forman la punta y los que forman la capa exterior, no suele pasar de un tercio de la altura del pincel á contar del borde del cañón. Después de atados, se embuten por la parte ancha del cañón, dejando sobresalir el pincel ya formado una longitud próximamente igual á tres veces y media su mayor diámetro.

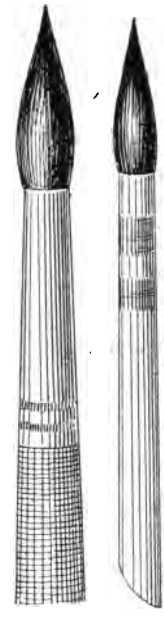


Fig. 72

Para juzgar de la bondad de un pincel, es necesario que al mojarlo en agua y sacudir ésta, quede adherido todo el pelo formando una sola punta, y además que al tratar de torcer ésta, en cuanto cese dicho intento, recupere por su propia flexibilidad la forma recta y perfilada, característica de todo buen pincel.

Para economizar tiempo en las delicadas operaciones del lavado y acuarela, se construyen pinceles de dos puntas, que se reducen á un mango de madera como de 10 centímetros de largo, con dos pinceles colocados uno á cada extremo. Éstos, uno mayor que el otro, facilitan la operación cuando hay que desvanecer ó degradar la intensidad del tono de las aguadas extendidas sobre el papel; pues mientras con el pincel más pequeño se tiñe, con el mayor, mojado á prevención en agua, se desvanece ó aclara la mancha de color con el tino y la rapidez que el caso exige.

La conservación del pincel supone cuidados especiales. Cuando se deja de usar debe limpiarse con agua clara, mo-

viéndole dentro de ella hasta que suelte el último vestigio de color; á lo más se puede esprimir apoyándole en el borde del vaso, pasándole varias veces por él á favor del pelo.

Si hubiere necesidad de llevarlo en el bolsillo, se meterá en una cajita holgada en cuanto á su longitud, y se sujetará por el mango dentro de ella para evitar que con el movimiento se roce y destruya el pelo. Á falta de caja apropiada se sujetará el pincel á una tablilla que exceda por cada punta lo menos un centímetro, y luego se envolverá en un papel.

Dejar secar el pincel cuando está impregnado de color, llevarle en el bolsillo sin ninguna precaución, limpiarle á contrapelo y cortar las puntas de los pelos pretendiendo corregir alguna desigualdad, son los mayores daños que puede sufrir, pues aunque no le destruyan en apariencia, queda inútil para ciertos servicios.

Otro de los enemigos del pincel es la polilla; pero solamente son de temer sus efectos cuando el pincel se guarda sin usarlo durante mucho tiempo. Para evitarlos hay varios medios: la naftalina, el café molido, un algodón impregnado en esencia de trementina, son eficaces preservativos contra los desmanes de la polilla si cualquiera de ellos se guarda con los pinceles en una caja bien cerrada.

Al tratar de los pinceles, es oportuno mencionar otros adminículos, como la esponja y las tacillas ó platillos.

97. Esponja.—Desempeña un importante papel en el lavado y acuarelado; con ella se moja el papel antes de pegarle sobre el tablero (**18**), se quita el exceso de tinta después de terminada la delineación, se entona el conjunto pasándola mojada en agua sobre las tintas demasiado pronunciadas, y cuando ocurre algún percance grave, por ejemplo cuando cae un borrón de tinta de China en el dibujo, teniendo el agua á tiempo y la esponja á mano, se tranquiliza el ánimo entreviendo la posibilidad del remedio, como así

sucede cuando se obra con serenidad y rapidez y el papel puede resistir, sin quebranto aparente, el frote de esponja y agua á que hay necesidad de someter la parte manchada.

Las esponjas deben ser pequeñas, compactas, finas y naturales en el color, que es la mejor señal de no haber sufrido operaciones de blanqueo.

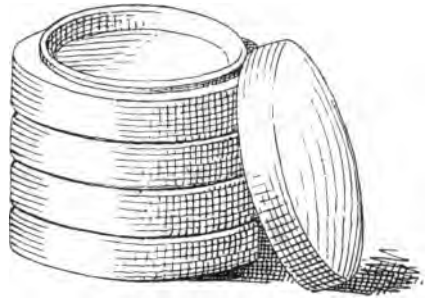


Fig. 73

98. Platillos.—Son recipientes de porcelana blanca que tienen forma cilíndrica, de mucha base y poca altura. Sirven para desleir y preparar en ellos la tinta de China y también para contener las aguadas de tintas convencionales ó aquellas que necesiten tenerse preparadas en abundancia para el lavado de grandes superficies.

Para impedir que el polvo ú otras materias ensucien las aguadas que se guardan en los platillos, se fabrican éstos con tapaderas ó dispuestos de tal modo (fig. 73) que los unos guardan á los otros por superposición y sólo el último necesita tapadera.

También hay otros modelos que tienen forma de losa cuadrangular, con varios senos alineados en los cuales se ordenan y clasifican los matices y tonos de aguadas que han de intervenir en el lavado.

De estos utensilios se halla bien surtido el comercio de artículos de dibujo para poder satisfacer los deseos del más exigente.

99. Colores preparados á la acuarela. — Con este nombre se designan ciertos aglomerados fáciles de disolver en agua, compuestos de substancias colorantes extraídas de los tres reinos de la naturaleza, siendo algunos de ellos producto de combinaciones químicas. Estos colores se fabrican en forma de pastillas redondas ó cuadrangulares; pero como la experiencia enseña que se rompen con gran facilidad (á veces por un cambio de temperatura) han adoptado los fabricantes desde hace tiempo el partido de dar al color consistencia pastosa que permite envasarlos en tubos de estaño y en cápsulas de porcelana, con lo cual, además de remediarse el inconveniente apuntado, se consiguen mejores condiciones de solubilidad de la pasta colorante que ha de mezclarse con el agua.

Aun así, á la larga y con el tiempo, el color se endurece de tal suerte en los tubos, que se hace imposible extraerlo por la presión de los dedos. En este caso, se ablanda introduciendo en el tubo unas gotas de solución de hiel de buey, que se encuentra al efecto preparada en el comercio, la cual surte su efecto al cabo de pocas horas. El color endurecido en las cápsulas de porcelana recobra más fácilmente su frescura y solubilidad mediante el empleo de la hiel de buey.

En el comercio de artículos de dibujo existe variedad abundante de colores; pero con los que á continuación se mencionan, indicando lo más pertinente de sus cualidades, basta para atender á las necesidades que puedan ocurrir en esta rama especial del dibujo.

Carmín.—Color rojo intenso, de gran transparencia, que se extrae de la cochinilla. Palidece por la continua acción de la luz.

Carmín de rubia.—Menos intenso que el anterior, pero más permanente á la acción de la luz. Se extrae de las raíces de una planta llamada *rubia* que abunda en España.

Bermellón.—Hermoso rojo vivo, que se obtiene por la

sublimación del cinabrio y también de la mezcla del minio con el carmín de cochinilla. El primero es más permanente que el segundo, y los dos son opacos, precipitándose al fondo del platillo cuando se dejan en reposo las aguadas con que se han mezclado.

Minio ó rojo de Saturno.—Color rojo anaranjado que se obtiene del óxido de plomo. Como el anterior se precipita al fondo del platillo.

Rojo obscuro.—No es más que óxido de hierro; forma un ligero precipitado y es color firme y permanente.

Amarillo indio.—De procedencia vegetal, se extrae del *Memecylum tinctorium.* Se mezcla y extiende bien, dando aguadas inalterables por la acción de la luz.

Gutagamba.—Color amarillo menos intenso y permanente que el anterior. Se obtiene de la goma que produce un árbol de Ceilán; es transparente y no deja sedimento en el platillo.

Ocre amarillo.—Es una arcilla ferruginosa que, aunque poco transparente, se extiende bien en aguadas sobre el papel y no sufre alteración. Se conocen dos tonos, claro y obscuro, que sin dejar de ser amarillos, se distinguen por su varia intensidad.

Ocre rojo. — De la misma procedencia y cualidades que el ocre amarillo, del cual se obtiene por calcinación.

Tierra de Siena natural.—Tierra arcillosa de color amarillo permanente. Es poco transparente y deja algún sedimento en las aguadas.

Tierra de Siena tostada.—Se obtiene calcinando la siena natural, por cuya operación adquiere un color pardo rojizo característico. Tiene las mismas propiedades de la siena natural.

Sepia.—Color pardo intenso, transparente y fijo. Se hace con la tinta de los calamares y se distinguen dos clases por el matiz ligeramente rojo de una de ellas.

Tinta neutra.—Color de un azul violáceo obscuro que posee las mismas buenas cualidades de la sepia.

Azul de Prusia.—Es un producto químico que se obtiene del sulfato de hierro y el ferrocianuro potásico. Se extiende bien en aguadas sobre el papel, pero con el tiempo pierde brillantez.

Azul ultramar.—Hermoso color que se obtiene pulverizando la piedra llamada *lapislázuli*. Es inalterable á la acción de la luz y forma algún precipitado en las aguadas.

Azul cobalto.—Es de tono más claro que el ultramar y posee las mismas cualidades; mirado á la luz crepuscular ofrece un tono violáceo. Se obtiene químicamente de una combinación de alúmina, fosfato sódico y nitrato de cobalto.

Índigo.—Color azul permanente, por otro nombre *añil*; de procedencia vegetal, reemplaza con ventaja al azul de Prusia en determinados casos.

Verde veronés.—De procedencia mineral, da un intenso tono claro brillante. Tiene poca transparencia y se iguala con dificultad en aguadas, pero es permanente.

Verde vejiga.—Color obscuro que se extrae de las bayas de la cambronera; es transparente y poco denso y no se altera por la acción de la luz.

Verde vegetal.—Da un tono intenso y brillante, se extiende bien sobre el papel en aguadas y es color permanente.

Negro de marfil.—Se obtiene del marfil carbonizado. Iguala bien, extendido en aguadas sobre el papel, y es inalterable en absoluto.

100. Nociones acerca de la teoría del color.—Para conseguir alguna soltura en el manejo del pincel y los colores, y muy especialmente en la formación de tonos y matices, es necesario familiarizarse con el procedimiento y practicar mucho. Claro es que estas prácticas resultarán estériles cuando se hagan sin sujeción á plan ni guía. Por eso, con objeto de restar dificultades y metodizar en cuanto sea posi-

ble dichas prácticas, se incluyen á continuación nociones relacionadas con la teoría del color, que únicamente podrán aprovechar al principiante en el supuesto de que no tenga maestro que le dirija con su experiencia y consejo.

El aspecto que distingue un color de otro es debido á su especial disposición molecular. Así un objeto parece rojo á causa de la propiedad que poseen las moléculas que componen la superficie, de reflejar los rayos rojos (1).

Para partir de alguna base en la aplicación de los colores y sus mezclas, éstos se clasifican en *primarios*, *secundarios* y *compuestos*.

Son colores primarios el *azul*, el *rojo* y el *amarillo*, que no admiten descomposición alguna.

Los colores *secundarios ó binarios* se forman de la combinación de dos colores primarios, y son tres:

Violeta: formado de rojo y azul (carmín y azul ultramar).

Naranja: formado de rojo y amarillo (bermellón y amarillo indio).

Verde: formado de amarillo y azul (amarillo indio y azul Prusia).

De la combinación de colores binarios dos á dos, resultan los siguientes ternarios:

Rojo pardo: mezcla de anaranjado y violeta.

Verde oliva: compuesto de violeta y verde.

Cetrino: combinación de verde y anaranjado.

Se llaman colores *compuestos* los que resultan de un primario y un secundario.

101. La asimilación del blanco á un color cualquiera sirve para modificarlo aclarándolo. En el lavado y acuarela

(1) Descomponiendo la luz blanca por medio del prisma, se obtienen sobre una pantalla distintos colores que varían desde el rojo al violeta pasando por el amarillo y el azul, que es lo que se llama *espectro solar*. El blanco y el negro no figuran en dicho espectro. El primero porque representa la luz sin descomponer, y el segundo por corresponder á la completa carencia de luz. De aquí el que un objeto absolutamente negro absorba los rayos de luz blanca y uno blanco los refleje por igual.

el color blanco no figura en la paleta, puesto que sus variaciones se obtienen mediante la blancura del papel, que se transparenta en razón de la mayor ó menor intensidad del color de las aguadas.

El color negro tratado á la aguada, da una serie de tonos desde el gris tenue al negro denso. Manejado con arte sirve para matizar armónicamente los demás colores.

En los lavados al claro-obscuro se emplea por lo común el negro (tinta de China) en toda la extensión que permite su variada escala de tonos, hasta un límite razonable, siempre de acuerdo con el natural. También se admite en los lavados monocromos la substitución del negro por la sepia y á veces por la tinta neutra; colores con los que se producen efectos más simpáticos que los que se pueden obtener por medio de la tinta de China.

Para los efectos que pudieran llamarse técnicos, los colores se clasifican en dos agrupaciones: 1.ª Colores llamados calientes, á la que pertenecen los rojos, los amarillos y sus derivados. 2.ª Colores fríos, considerando como tales el azul, el verde y el violeta cuando en estos dos últimos prepondera el azul.

Comprendida entre estas dos grandes clasificaciones existe una variada escala de matices que se aproximan más ó menos á la primera ó á la segunda clasificación. Así, por ejemplo, la tinta neutra, que es un color azulado violáceo, se clasificará como color frío si predomina el azul; por el contrario, si predomina el rojo, se acercará más á la clasificación de color caliente. Otro tanto sucederá con el verde según que en este color domine el amarillo ó el azul.

102. Toda materia coloreada por alguno de los colores del espectro puede ser modificada de cuatro modos diferentes:

1.º Por la intervención del *blanco*, que, aclarándola, disminuye su intensidad;

2.° Por el *negro,* que, obscureciéndola, disminuye su intensidad específica;

3.° Por *cierto color* que cambia su propiedad específica sin empañarla;

4.° Por *cierto color* que cambia su propiedad específica empañándola, de suerte que si el efecto llega á su máximum, el resultado dará negro ó gris normal, equivalente á negro mezclado con blanco en cierta proporción.

Para expresar todas estas modificaciones, fijando claramente los conceptos, M. Chevreul, autor de la teoría que se expone, da el nombre de *tonos* de un color á los diferentes grados de intensidad de que este color es susceptible, según que la coloración blanca del soporte intervenga en el resultado, ó bien se mezcle la materia colorante con blanco y negro; *gama* al conjunto de tonos de un mismo color; *matices* de un color á las modificaciones que éste experimenta al agregarle otro color que lo cambia sin empañarlo; en fin, *gama rebajada* á la gama cuyos tonos, claros ú obscuros, están velados por el negro.

103. Véase ahora cómo procedió M. Chevreul para formar una escala suficientemente extensa de los colores principales, de sus tonos y de sus matices.

Después de dividir un círculo en 72 sectores iguales, colocó á distancia igual tres muestras de lana teñida, la una de rojo, la otra de amarillo y la tercera de azul, tan puras como le fué posible y de la misma intensidad. Luego entre estos tres colores y á igual distancia de cada uno de ellos, puso una muestra anaranjada entre la roja y la amarilla, una verde entre esta última y la azul y una morada entre la azul y la roja. Intercalando sucesivamente en la misma forma colores de matices intermedios, obtuvo por fin lo que se llamó círculo cromático de los colores francamente definidos, reproduciendo hasta cierto punto el espectro de la luz solar.

Reunidos ya estos 72 matices, valióse de cada uno de ellos

para componer una gama completa formada por la agregación de cantidades crecientes de blanco y negro, hasta tener diez tonos rebajados y otros diez del mismo color aclarados. Cada gama comprende así, desde el blanco hasta el negro puro, que son sus límites, 20 tonos diferentes, de los cuales el décimo á partir del blanco, es el color franco que sirvió de base.

De esta primera combinación resultan ya 1440 tonos distintos deducidos todos del círculo cromático de los colores francos; pero rebajando sucesivamente los 72 tonos de este círculo con la agregación de 1, 2, 3, etc., décimas de negro, se forman nueve círculos de colores rebajados, y como cada uno de los 72 tonos que comprenden es á su vez tipo de una gama de 10 tonos nuevos que van del blanco al negro, resulta para la serie total una escala de 14400 tonos á los cuales hay que añadir los 20 del gris normal, lo cual da en definitiva 14420 tonos diferentes.

Con esta extensa escala hay bastante para satisfacer las exigencias que pueden presentarse en el orden científico, artístico ó industrial.

La reproducción del experimento descrito, es un ejercicio por sí solo recomendable y altamente beneficioso para artistas é industriales, fecundo en resultados tangibles y verdadero arsenal de tonalidades, en donde el que se sienta inclinado hacia la especialidad cromática ó á quien las circunstancias coloquen en situación de ocuparse de ella, encontrará siempre motivos y temas de novedad incuestionable.

Si no fuera porque la poca fijeza de la mayor parte de las materias colorantes hoy conocidas lo impide, sería cosa de pensar en poseer tipos fijos, ordenados mediante numeración y clasificados del modo expuesto.

104. Tintas convencionales.—Se da este nombre, en el tecnicismo del dibujo, á los diferentes matices que se obtienen mediante mezclas de colores á la acuarela, y con los cua-

les la coloración y tono de los materiales más usados en construcción se representa de manera convencional; es decir, ajustados en cuanto sea posible á un patrón convenido y sancionado por la costumbre (1).

Á continuación se indica la composición de alguna de estas tintas, dejando á la iniciativa de cada cual el calcular la proporción de cada uno de los colores que entran en las aguadas, por tanteo, hasta conseguir tonos agradables y armoniosos dentro del convencionalismo establecido.

Dibujo de arquitectura

PIEDRA LABRADA . . .	*Alzado.*—Ocre amarillo. *Secciones.*—Aguada de carmín claro.
MAMPOSTERÍA.	*Alzado.*—Ocre amarillo y sepia. *Secciones.*—Aguada de carmín claro.
LADRILLO ORDINARIO . .	*Alzado.*—Vermellón. *Secciones.*—Aguada de carmín claro.
LADRILLO REFRACTARIO .	*Alzado.*—Ocre amarillo. *Secciones.*—Aguada de carmín débil.
MADERA	*Alzado.*—Siena tostada, carmín y tinta de China. *Secciones.*—Bermellón ó siena tostada, con poca intensidad.
TEJAS	*Alzado.*—Siena tostada y carmín. *Secciones.*—Carmín obscuro.
PIZARRA	*Alzado.*—Tinta neutra y azul de Prusia. *Secciones.*—El mismo color, de tono más claro.

Dibujo de máquinas

HIERRO FUNDIDO. . . .	*Alzado.*—Azul de Prusia, carmín y tinta de China. *Sección.*—El mismo color, de tono más claro.

(1) En el comercio de objetos de dibujo se encuentran dichas tintas convencionales, preparadas en barras semejantes á las de tinta china, para el que no quiera gastar el tiempo en componerlas.

HIERRO FORJADO. . . .	*Alzado.*—Azul de Prusia y carmín. *Sección.*—El mismo color, de tono más claro.
ACERO	*Alzado.*—Azul de Prusia. *Sección.*—El mismo color, de tono más claro.
PLOMO, ZINC Y ESTAÑO. .	*Alzado.*—Azul de Prusia, carmín y tinta de China. *Sección.*—El mismo color, de tono más claro.
COBRE ROJO	*Alzado.*—Siena tostada y carmín ó bermellón. *Sección.*—El mismo color, de tono más claro.
BRONCE.	*Alzado.*—Gutagamba y carmín. *Sección.*—El mismo color de tono más claro.
CUERO	Sepia, carmín y tinta de China.
FIELTRO, CUERDAS Y ESTOPAS.	Ocre amarillo y sepia natural.
VIDRIO	Azul de Prusia y gutagamba.
HORMIGÓN	*Alzado.*—Siena tostada y tinta neutra. Retoques con siena tostada. *Sección.*—Carmín en aguada clara.

Lavado topográfico

TERRENOS.—Sepia roja con retoques de verde vejiga y sepia natural.

PEDREGALES.—Tinta neutra y carmín por una parte y siena natural por otra, usando dos pinceles.

PEÑAS.—Siena tostada y retoques con sepia.

ROCAS.—Sepia y tinta neutra.

GRAVA.—Siena natural con retoques á la pluma.

ARENA.—Punteado á la pluma con siena natural.

AGUAS Y COSTAS.—Azul de Prusia, reforzando el tono en las orillas.

PRADOS.—Verde vegetal de tono claro, y retoques á pincel del mismo color en tono más intenso.

TIERRAS LABORABLES.—Sepia y siena tostada retocada á pluma con tonos más obscuros.

105. Para extender sobre el papel las tintas convencionales, debe operarse con aguadas más bien claras que intensas, considerando que aun cuando el dibujo deje bastante que desear en cuanto á su conclusión y falta de detalles que le asemejen al natural, debe tenerse en cuenta que sólo se trata en estos casos de realizar en poco tiempo un dibujo-proyecto en donde con suficiente claridad se puedan tomar medidas é interpretar mediante las tintas y signos convencionales la naturaleza, extensión y situación de los materiales que se han de emplear en la obra proyectada. Con esto, y á veces con menos, hay bastante para entenderse el autor de un proyecto con el que lo ha de realizar.

Ahora bien: si se aspira á conseguir el premio en un certamen ó se trata de llevar el convencimiento al ánimo de personas poco peritas en la materia, y también si el trabajo está bien retribuído, entonces el dibujo-proyecto debe, sin faltar á la exactitud y corrección, acercarse cuanto sea posible á la realidad, cuidando esmeradamente la ejecución del conjunto y detalles, que medios sobrados se encuentran en el dibujo geométrico para llegar á conseguirlo.

En cualquiera de los casos indicados deben interpretarse más al por menor las variantes que puede presentar un mismo material, por ejemplo, tratándose de madera, la diferencia que en color y veteado distingue al pino del roble.

Aun hay más: el estudio y entonación del claro-obscuro (sombras propias y arrojadas) debe preocupar en primer término al dibujante para conseguir el fin que se propone y á cuya realización debe llegar, más bien que valiéndose de recetarios extraños á toda obra artística, por la observación y estudio de la naturaleza y la comparación desapasionada de la propia obra con las ajenas de reconocido mérito.

CAPÍTULO VI

Procedimientos de reproducción gráfica

La necesidad de copiar un dibujo, aunque sea en reducido número de ejemplares, supone un trabajo por demás enojoso y árido, agravado ante la consideración de tener que repetir una tras otra las operaciones de trazado, medida y delineación para cada copia; esto sin contar que en la mayor parte de las ocasiones no se dispone de tiempo para perderlo tan sin provecho.

Para obviar los inconvenientes apuntados, y principalmente para ganar tiempo, sirven, aplicados con oportunidad, los procedimientos que á continuación se reseñan y que casi en absoluto se fundan en el calco, realizado de diversos modos y por distintos agentes.

106. Calco por medio de papel transparente.—La operación de calcar está indicada cuando se haya de reproducir en el mismo tamaño un dibujo, ó también cuando sea necesario repetir una parte de él sistemáticamente.

Los calcos, por lo común, se hacen en papel transparente, en tela también transparente, y en papel de dibujo que no sea tan opaco que pueda impedir el que las líneas del trazado se vean al trasluz.

Para calcar por medio de papel transparente, se extiende, sobre el dibujo que se ha de calcar, una hoja del papel

transparente que se conoce en el comercio con el nombre de *papel vegetal*, de modo que cubra bien todo lo que ha de copiarse. El papel de calcar se mantiene fijo mediante una ó dos pesas de plomo forradas de cuero, que van ocupando diferentes sitios según se avanza en la operación. Ésta consiste en reproducir al lápiz con la mayor fidelidad todas las líneas que se transparentan á través del papel de calcar, evitando el más ligero desencaje entre la copia y el original, cosa que no suele ocurrir cuando se emplean las mencionadas pesas. Además, debe cuidarse de consignar en el calco líneas de ajuste y puntos especiales, tales como ejes, centros, límites de longitudes, etc., en fin, todos aquellos detalles que puedan facilitar la adaptación de lo calcado en el lugar del dibujo á donde haya de transportarse. Si el dibujo es simétrico, no debe calcarse más que la mitad limitada por el eje de simetría.

Concluída la copia usando lápiz del n.° 3 sobre el papel vegetal, se procederá al transporte de ella sobre el papel de dibujo donde ha de utilizarse, haciendo coincidir, por de pronto, ejes con ejes y puntos de calco con otros homólogos determinados á prevención en el papel que ha de recibir el calco; asegurando, después de hecho el ajuste, la inmovilidad completa del papel vegetal por medio de las consabidas pesas.

Por otra parte, se tendrá preparado un papel delgado y fino, una de cuyas caras se habrá cuidado de manchar con plombagina frotando polvo de ella con una muñequita de algodón. Este papel, que llaman *polígrafo*, se introduce por el lado que las pesas dejan libre entre el papel vegetal y el que ha de recibir el calco, cuidando que la cara tiznada esté en contacto con este último; y recorriendo con un lápiz del número 4 las líneas del trazado, ejerciendo una regular presión, se verá cómo se van comunicando al papel del dibujo las líneas recorridas por el lápiz.

En caso de duda, la operación se puede inspeccionar

levantando los papeles vegetal y polígrafo por donde las pesas no puedan impedirlo, cuidando de que éstas permanezcan fijas para evitar cualquier desencaje. Si el desencaje ocurriera, será necesario suspender el trabajo hasta rectificar el ajuste de los ejes y hacerlos coincidir como al principio de la operación.

107. Cuando la parte que ha de calcarse es simétrica, puede prescindirse del uso del papel polígrafo, colocando la parte dibujada del papel vegetal en contacto inmediato con el papel que ha de contener el calco, de modo que pasando el lápiz con alguna presión por el revés de dicho trazado, las líneas que lo componen se comunicarán con más ó menos intensidad, según sea más ó menos blando el lápiz empleado en la primera parte de esta operación.

De lo expuesto resulta que, mediante el procedimiento de calco por el papel vegetal, no se economiza más que una parte del tiempo que había de invertirse en el trazado de lápiz. Sin embargo, en ciertos casos se aprecia como gran ventaja esta economía de tiempo y hasta de paciencia, cuando se trata de dibujos en que abunda la ornamentación de estructura simétrica; entonces, el procedimiento descrito es el más indicado, y únicamente puede substituirse empleando un sencillísimo aparato que tiene inmediato parentesco con la cámara lúcida.

Consiste el mencionado aparato (fig. 74, planta) en una lámina de cristal $B\ C$, plano, delgado y transparente, la cual se sostiene perpendicular al tablero por un pie de metal situado en B. Para utilizarle se instala de modo que el canto del cristal coincida con el eje de simetría $m\ n$; el dibujante, lápiz en mano, se coloca hacia el extremo n, y dirigiendo la vista desde A á través del cristal, percibirá al lado opuesto la imagen virtual $d'\ e'\ f'\ g'$, perfectamente simétrica de la $d\ e\ f\ g$ proyectada sobre el papel con la suficiente claridad para poder fijar sus contornos con la punta del lápiz sin

dejar de dirigir la vista á través del cristal desde la región de la izquierda.

Conviene saber, para el completo dominio del aparato, que si el cristal se corre á lo largo del eje de simetría sin perder la coincidencia ni dejar de ser perpendicular al tablero, la imagen virtual *d' e' f' g'* no sufrirá alteración ni en su forma ni en la posición simétrica que debe corresponderle. Si, por

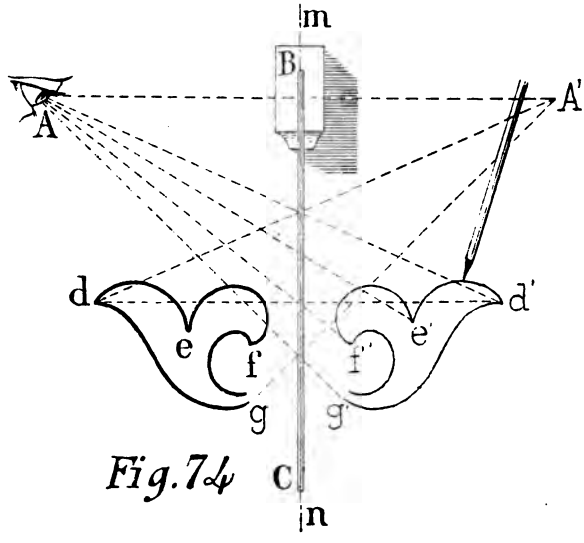


Fig. 74

el contrario, el canto del cristal ocupase distinta posición no coincidiendo con el eje, entonces se ocasionaría una nueva imagen virtual simétrica de la real y relacionada con la nueva posición del cristal cuyo canto podría considerarse como eje de simetría. Por último, si el plano del cristal dejara de ser perpendicular al del tablero, en este caso no habría imagen simétrica, puesto que falta la principal condición ó sea la perpendicularidad del plano de simetría respecto al que contiene el dibujo original *d e f g* y la copia *d' e' f' g'*.

El aparato descrito, á pesar de su sencillez, resulta de gran utilidad en la práctica del calcado y muy recomendable su empleo en ciertos casos, pues por de pronto suprime los transportes en papel vegetal y, por consiguiente, el uso de papel polígrafo.

108. Calcado al trasluz.—Para calcar según este procedimiento, se extiende el dibujo sobre un cristal fuerte colocado á su vez sobre un bastidor de madera, y encima se pone el papel blanco en el que se ha de hacer la copia, fijando ambos, bien con cola ó cogidos entre el cristal y el citado bastidor.

Así dispuesto, se coloca el cristal con el bastidor inclinado de tal suerte que al dar paso á la luz puedan verse todos los detalles del dibujo á través del papel blanco; entonces á punta de lápiz se van calcando las líneas curvas, puesto que para copiar las rectas, basta tomar dos puntos y trazarlas después con la regla.

Para facilitar el trabajo y conseguir en él relativa perfección, se adapta el cristal á la mesa de trabajo, de modo que el bastidor donde va montado pueda girar sobre un eje horizontal por medio de charnelas, y además sostenerse cuando convenga por dos puntales ó pies que tienen por objeto mantener fija la inclinación del cristal.

Al colocar el aparato en disposición de recibir la luz, se cuidará de que ésta penetre únicamente por debajo del cristal, lo que se conseguirá cubriendo con tela ó papel de color obscuro la parte superior de la ventana ó balcón donde esté situado el aparato. La transparencia del papel se aumenta considerablemente colocando un espejo en posición horizontal, debajo del bastidor; de este modo los rayos de luz reflejados por el espejo van á parar al cristal que sirve de soporte al dibujo, aumentando su iluminación por transparencia.

Comparado este procedimiento con el de calcar por medio del papel vegetal, resulta más expeditiva y preferible su aplicación en trabajos de cierta índole, tales como planos topográficos, plantas y alzados de construcciones, etc.

109. Calco en papel-tela.—El llamado papel-tela consiste en un tejido de algodón finísimo, al que se le da un apresto ó engomado transparente, satinándole, cuando está

seco, por una de sus caras, la que se destina al trazado. Reune condiciones muy estimables, siendo las dos principales la resistencia, que por ser tela permite plegar los dibujos, y su transparencia, merced á la cual los calcos hechos con papel-tela se utilizan como negativas para reproducciones heliográficas, de las que se tratará más adelante.

El calco, ó más bien reproducción, sobre papel-tela se verifica directamente con tinta de China, empleando la pluma, el tiralíneas de mano y el compás con tiralíneas. Durante la operación, se sujeta el papel-tela sobre el dibujo que ha de reproducirse por medio de chinches ó mejor con pesas de plomo forradas de cuero, con lo que se évitan agujeros y desgarros.

Por la poca afinidad que tiene el engomado del papel-tela con la tinta de China, se hace penoso y difícil conseguir limpieza en la delineación. Lo corriente es que la tinta se extienda irregularmente en las líneas, corriéndose unas veces por la superficie satinada y dejando otras, líneas y trazos interrumpidos á intervalos con gran detrimento de la copia.

Hay dos medios para evitar este contratiempo. El uno consiste en frotar la superficie del papel-tela con polvo de esteatita (jabón de sastre), y el otro en preparar la tinta de China con agua en que se haya desleído un poco de jabón blanco ordinario.

Como se ve, el dibujo sobre papel-tela requiere especiales cuidados, exigiendo además ciertas precauciones. La principal de éstas se refiere á evitar que el papel-tela se moje, aunque sea con agua limpia, porque cada gota de agua se traduce en una mancha blanca opaca que puede perjudicar las reproducciones heliográficas, aparte del mal efecto que las manchas producen aunque sean blancas.

Si ocurriese el indicado percance, puede corregirse frotando la parte manchada con un pedacito de estearina (vela de esperma) hasta que recobre el perdido brillo y algo de transparencia; el resto de ella se recupera retocando primo-

rosamente la mancha por detrás con un pincel y un poco de barniz Soene.

Cuando fuere necesario hacer alguna corrección en el dibujo borrando parte del trazado, se empleará la pastilla de goma de borrar tinta, cuidando al borrar de que no se arrugue la tela. Debe tenerse en cuenta que si bien los trazos de tinta se borran con esta goma, es á costa de la preparación del papel-tela, cuyo brillo desaparece, quedando algo mate la parte borrada. Para restaurar el pulimento, se emplea la estearina, frotando con un trozo de esta substancia y repasando después con una muñeca de algodón en seco, hasta igualar dicho pulimento.

110. De la comparación entre los tres procedimientos de calcar expuestos, resulta el del uso del papel-tela muy por encima de los otros dos.

En este último medio de reproducción, queda en absoluto suprimido el trazado de lápiz, lo cual representa una gran economía de tiempo, que se aprecia en positiva ventaja sobre los otros procedimientos de calcar al trasluz y empleando el papel vegetal; luego, ha de tenerse en cuenta que con la posesión de un dibujo en papel-tela está ya asegurado el medio práctico y cómodo de obtener copias heliográficas exactas siempre que las condiciones de la luz lo permitan. Por estas buenas cualidades, el uso del papel-tela se halla tan extendido, que casi todos los proyectos de ingeniería y mucha parte de los que se relacionan con la construcción arquitectónica se desarrollan en esta forma. Además, los proyectos dibujados en papel-tela tienen la ventaja de poderse plegar sin deterioro apreciable al encuadernarlos en unión de los correspondientes presupuestos y memorias descriptivas; propiedad que juntamente con su duración casi ilimitada, le adjudican la prerrogativa de insustituible.

Aparte de los procedimientos de calco descritos, se conocen otros análogos en el fondo, aunque difieran en la forma

de su aplicación, indicada para casos especiales. Entre ellos merecen citarse dos.

111. El uno lo usan los grabadores, y consiste en substituir el papel vegetal por una hoja de gelatina delgada y transparente, sobre la cual se calcan, rayando ligeramente con una punta de acero, los contornos y dintornos del dibujo original. Después se pasa por la superficie grabada un algodón impregnado en polvo rojo de Inglaterra (peróxido de hierro) que solamente se adhiere á la huella del grabado, y á continuación se frota ligeramente dicha superficie con un papel de seda, hasta que desaparezca el menor vestigio de polvo encarnado.

En esta disposición, el calco se colocará en el sitio donde sea necesario reproducirlo, de manera que la cara que contiene el grabado caiga sobre la superficie del papel; entonces, sujetándole con una mano, se pasará de plano la uña del pulgar de la otra, ejerciendo alguna presión sobre el revés de dicho calco, notándose al momento cómo los polvos rojos pasan de éste á la superficie del papel, donde se destacan con la mayor finura y precisión.

Un mismo calco puede servir muchas veces para obtener en la forma indicada cuantas reproducciones se deseen, sin más que volver á impregnar de polvos las líneas del grabado á medida que éstas van pasando al papel en las sucesivas impresiones.

Este modo de calcar, semejante al que se practica con el papel vegetal, debe usarse cuando se hayan de reproducir detalles de gran finura y delicadeza; pero conviene tener presente que las imágenes, después de calcadas, resultan invertidas.

112. Del otro procedimiento de calcar se sirven los pintores decoradores para reproducir las líneas de sus dibujos sobre paredes y techos, valiéndose de una plantilla.

La mencionada plantilla se obtiene picando con un alfiler las líneas del dibujo trazado sobre papel resistente, y se utiliza colocándola en el sitio designado y sacudiendo, sobre dichas líneas picadas, una muñeca de lienzo claro repleta de polvo de carbón. De este modo, el polvo negro que se desprende de la muñeca al sacudir, pasa por los numerosos agujeritos que forman las líneas del dibujo y deja sobre la superficie donde se aplicó, series de puntitos formando líneas, reproducción exacta de los que corresponden al dibujo original. Es indudable que de una de estas plantillas pueden obtenerse numerosas copias, á las que se da el nombre de *estarcidos*, así como el de *cisquero* á la muñequilla repleta

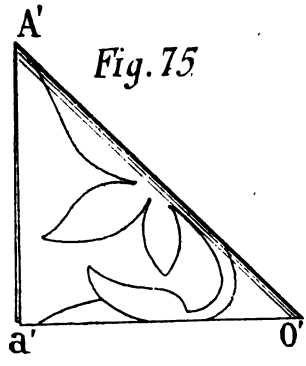


Fig. 75

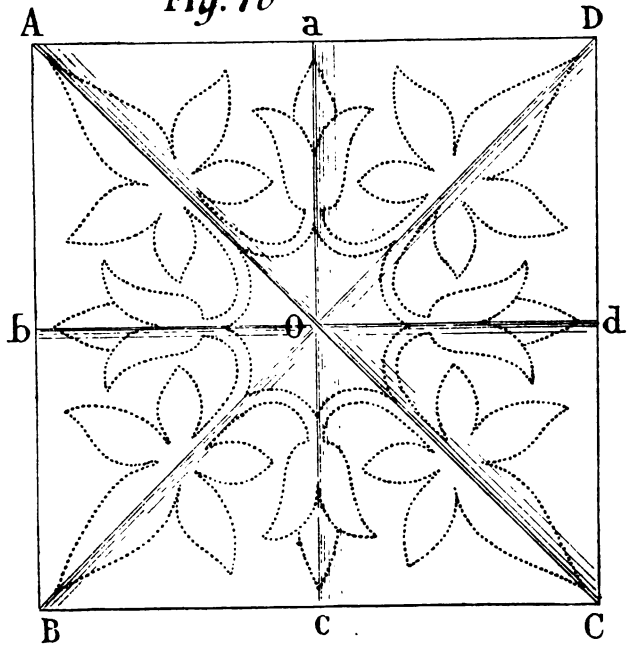
de carbón en polvo, elemento principal en este modo de reproducción.

El procedimiento expuesto da excelentes resultados, cuando se aplica á la reproducción de motivos de estructura simétrica, por la exactitud de la obra y la economía de tiempo conseguida. Un ejemplo será suficiente á confirmar dicha aseveración:

Sea un florón (fig. 76) el que ha de reproducirse estarcido. Observando que dicho florón está formado por el motivo original *A O b* repetido siete veces en situación simétrica relacionada con los ejes *A C*, *B D*, *a c* y *b d*, que se cortan en el punto *O*, bastará plegar el papel por los citados ejes en la forma indicada por la figura 75, encajar el motivo original en

uno de los triángulos y picar las líneas del dibujo de modo que el alfiler atraviese los ocho dobleces, para que al desdoblar el papel, si se ha hecho bien la operación, resulte el florón completo y en disposición de estarcirlo. Como se ve, la operación descrita se puede llevar á cabo en la octava

Fig. 76



parte del tiempo, ó quizá menos, del que se invertiría dibujando el florón completo y picando á continuación sus líneas; de donde resulta evidente lo ventajoso del procedimiento cuando se sabe aplicar aprovechando las propiedades dependientes de la simetría del dibujo que haya de reproducirse.

113. Reproducción heliográfica.—Los procedimientos que conducen á dicha reproducción se fundan en la acción química que la luz, especialmente del Sol, ejerce sobre ciertas substancias que entran en la preparación de los papeles llamados fotográficos.

Para utilizar convenientemente dicha acción, se interpone

entre el papel fotográfico y los rayos solares el dibujo que se ha de reproducir.

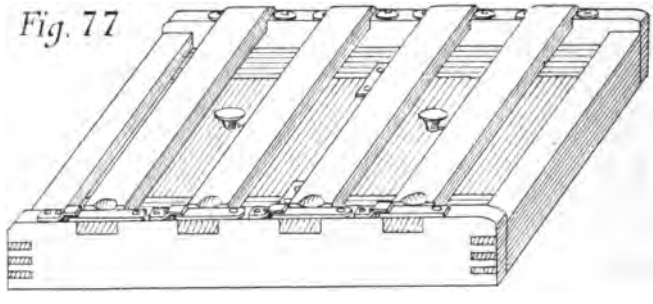
Los varios papeles que en el comercio se expenden para este objeto, se clasifican en dos grupos, con arreglo á los efectos, opuestos, que se obtienen con cada uno de ellos.

Al primer grupo pertenecen los papeles *Ferro-prusiato* y *Citrato de hierro*, en cuyas copias se reproducen blancas las líneas negras del original. En el segundo, se clasifican los papeles *Foto-tipo* y *Galato de hierro*, en los cuales se reproducen en negro las líneas negras del original.

Estos papeles se venden en rollos de 10 metros, con una anchura de 75 centímetros.

El material necesario para los procedimientos heliográficos se reduce á una ó varias prensas, según el tamaño de las copias, cubetas también proporcionadas á dicho tamaño y algunas hojas de papel secante para enjugar las copias.

La prensa consiste (fig. 77) en un fuerte marco de madera



ensamblado á cola de milano, en el cual encaja una luna de cristal, un fieltro del tamaño de la luna y un tablero-respaldo plegable con visagras sobre el que actúan unos muelles de acero sujetos á travesaños articulados por uno de sus extremos al marco de la prensa, los cuales, una vez cargada ésta, hacen presión sobre el tablero y el fieltro, asegurando el contacto del dibujo original y el papel de la copia, previamente colocadas entre el cristal y el fieltro, como se explicará más adelante.

Las cubetas se emplean para contener los baños que han de servir para entonar, lavar y fijar las copias que lo necesiten. Cuando los líquidos que se utilizan en estos baños contienen ácidos, las cubetas deben ser de madera recubiertas de gutapercha, para copias de 75 centímetros de largas ó mayores; pues en caso de tamaños más pequeños, conviene usar cubetas de porcelana, celuloide ó hierro esmaltado. Para los lavados en agua sola, pueden emplearse de zinc.

114. Reproducción con papel ferro-prusiato. — En una habitación poco alumbrada, se corta del rollo la cantidad de papel ferro-prusiato que se considere necesario según el tamaño de la copia, dejando algún sobrante para margen. Se abre la prensa y se coloca el calco hecho en papel-tela ó papel vegetal con la cara dibujada sobre el cristal; á continuación el papel ferro-prusiato, con la cara preparada en contacto con el revés del calco; encima se coloca el fieltro y después el tablero, cerrando por último la prensa, que se expone al sol si es posible.

El papel ferro-prusiato expuesto á la luz toma sucesivamente los siguientes matices: amarillo verdoso, verde azulado, azul gris obscuro y gris claro con reflejos metálicos. Este es el punto en que debe pararse la exposición para tener un buen tono azul.

En dicho punto se quita la prueba de la prensa y se sumerge con la preparación hacia abajo en un baño de agua abundante, que no tardará en teñirse de amarillo sucio. Se vierte esta agua y se substituye por otra ú otras, hasta que la última resulte perfectamente limpia. La operación ha terminado entonces, y la prueba se pone á secar bien, colgándola en cuerdas con pinzas de madera ó bien enjugándola entre hojas de papel secante. Las líneas del dibujo resultarán blancas sobre fondo azul.

Las copias se pueden retocar para corregir defectos si

los hubiese, con azul de Prusia preparado á la acuarela ó con una tinta especial que se vende para este objeto.

115. Reproducción con papel al citrato de hierro (1). Desde luego se observarán las mismas precauciones, para librar este papel de la acción de la luz antes de colocarle en la prensa, que las ya recomendadas al tratar del papel ferroprusiato, siguiendo el mismo orden en la colocación del dibujo en papel-tela, papel citrato de hierro, fieltro, tablero y cierre de la prensa. Hechas todas estas operaciones, se expone á la luz difusa hasta que las líneas del dibujo sean ligeramente visibles. En este momento se retira la prueba de la prensa para lavarla en agua clara, donde se revela en muy poco tiempo, teniendo cuidado de cambiar dos ó tres veces el agua.

Después se sumerge la prueba durante dos ó tres minutos en un baño de hiposulfito de sosa al 1 °/₀ en donde la imagen toma vigor; pero no alcanza el tono definitivo más que cuando está completamente seca. La operación termina con un buen lavado en agua y después conviene secarlas rápidamente y en sitio templado á ser posible.

Las copias en papel citrato de hierro resultan con las líneas del dibujo blancas sobre fondo color sepia.

Para obtener líneas morenas sobre fondo blanco, es preciso hacer una copia negativa (líneas blancas sobre fondo moreno) en papel delgado especial (2) y colocar esta negativa en lugar del original en papel-tela, teniendo cuidado de poner el dorso de la negativa junto al cristal de la prensa y el lado de la preparación del papel al citrato de hierro, en contacto con la negativa. Después de cargada la prensa en la forma indicada, se expone á la luz y se somete la prueba á las operaciones antes indicadas.

(1) Este papel lo fabrica la casa Marion, de París, dándole el nombre de *Feográfico*.

(2) También figura en el catálogo de la citada casa Marion, con el n.° 707, el papel de referencia.

La rapidez en la impresión y la densidad del tono sepia que se obtiene con el papel citrato de hierro, favorecen el éxito de esta doble operación, hecha para conseguir fondos blancos.

116. Reproducción con papel foto-tipo.—Con este papel se obtienen, mediante calcos positivos, copias también positivas.

Para cargar la prensa, se corta el papel foto-tipo de un tamaño algo mayor que el del original. Se pone el lado del dibujo hecho sobre papel-tela en contacto con la luna de la prensa, y el lado de la preparación del papel foto-tipo junto al dorso del original; se cierra la prensa y se expone á la luz.

Según la transparencia y naturaleza del original, la luz blanquea la capa de preparación amarilla con más ó menos rapidez. El tiempo de exposición termina cuando el color blanco del fondo de la copia se confunde con el mismo tono del margen y las líneas del dibujo se destacan en color amarillo limón.

Entonces se quita la copia de la prensa.

Una exposición demasiado larga disminuye la intensidad de las líneas y aun pueden quedar interrumpidas; cuando la exposición es corta, se tiñe el fondo, que debía ser blanco, con una media tinta gris violácea.

Terminada la exposición, se sumerge la copia en una cubeta llena de agua hasta su mitad, colocando la cara impresionada hacia abajo. Se deja en reposo durante 25 á 40 segundos, se vuelve la prueba y entonces aparecen las líneas del dibujo negras sobre fondo blanco si la exposición ha sido bien calculada. El agua teñida en negro violáceo se tira, y, sin perder tiempo, se aclara la prueba en varias aguas durante cinco minutos.

El papel foto-tipo suele alterarse por la humedad; para conservarlo en buen estado se envuelve en una triple cubierta de papel parafinado y luego se mete el rollo en una caja de

zinc de cierre muy ajustado. El recorte de pruebas y carga de la prensa pueden hacerse á la luz difusa poco intensa.

117. Reproducción en papel al galato de hierro.— Como con el anterior, en este papel se obtienen mediante un dibujo en papel-tela copias positivas; es decir, líneas negras sobre fondo blanco.

Las operaciones de cargar la prensa y de exposición á la luz, no hay para qué repetirlas; se hacen como si se tratara de papel foto-tipo.

Cuando la exposición se juzga suficiente, se saca la copia de la prensa y se sumerge (durante dos minutos en verano y cuatro en invierno) en un baño compuesto de tres gramos de ácido gálico por un litro de agua, luego se lava cambiando varias aguas durante cuatro ó cinco minutos y se seca, empleando papel secante ó colgando la copia de una cuerda sirviéndose de pinzas de madera.

118. Quedan descritas las propiedades, uso y manipulaciones de los papeles fotográficos que en el comercio se encuentran destinados principalmente á la reproducción de proyectos de arquitectura é ingeniería. Entre ellos los hay verdaderamente prácticos, tales como el ferro-prusiato y el foto-tipo, cuyas copias con solamente agua se revelan y fijan.

Los papeles al citrato y al galato de hierro requieren el concurso de baños especiales, para el revelado y fijado respectivos, lo cual supone una complicación más. Esto no quiere decir que el uso de tales papeles deba proscribirse; nada de eso. El lector juzgará según sus deseos ó necesidades y dará su preferencia á éste ó aquél en vista de los resultados que obtenga.

Ahora, para satisfacción de aficionados, se incluyen algunas recetas de preparación de papeles fotográficos análogos á los anteriores y aun de mejores resultados, por la razón de

poderlos utilizar frescos ó recien preparados (1). Las manipulaciones son fáciles y solamente requieren un poco de práctica en quien las ha de llevar á cabo para conseguir satisfactorios resultados

Fórmula para preparar papel ferro-prusiato

A	Citrato de hierro amoniacal.	4	gramos.
	Ácido tartárico	1	»
	Agua destilada	13	»
	Amoníaco.	1	»
B	Ferrocianuro potásico. . .	3	»
	Agua caliente	12	»

Se mezclan las soluciones *A* y *B* agitando el frasco al resguardo de la luz blanca.

Después se filtra á través de una bolita de algodón hidrófilo empotrada en la parte estrecha de un embudo de cristal. A los quince minutos de reposo se puede extender el líquido resultante sobre la superficie del papel con un pincel plano ó una esponja fina, alumbrándose con una vela y sujetando el papel con chinches á un tablero horizontal. En la operación de distribuir el líquido por igual se pondrá el mayor esmero repasando con el pincel ó la esponja y procurando evitar el que se formen bolsas donde se encharque el líquido. Al secarse el mismo acaba de igualarse.

El papel que se emplee debe ser de grano fino y buena calidad. Los papeles Rives reúnen las mejores condiciones para estos usos.

Preparación del papel al citrato de hierro amoniacal

A	Citrato de hierro amoniacal.	5	gramos.
	Ácido tartárico	1	»
	Agua	30	»
B	Agua destilada	20	»
	Nitrato de plata.	1	»

(1) Los papeles fotográficos van perdiendo con el tiempo sus cualidades características, por mucho cuidado que se ponga en resguardarlos de la humedad y de la luz.

119. A la solución *B* de esta última receta se añade amoníaco puro gota á gota hasta que el precipitado pardo que al principio se forma desaparezca por completo aclarándose el líquido. Entonces se mezclan las soluciones *A* y *B*, se filtran y á la media hora ya puede extenderse sobre el papel.

La operación de extender el líquido se hace de igual manera que si se tratara de preparar papel al ferro-prusiato, cumpliendo con más rigor la recomendación de llevar en el pincel la menor cantidad posible de líquido, para cubrir por igual y en poco tiempo la superficie del papel.

Terminada esta operación, se guarda el líquido sobrante en un frasco bien tapado con tapón de corcho y resguardado de la luz, donde se conserva algunos meses. Cuando haya de usarse en veces sucesivas, conviene añadirle unas gotas de amoníaco puro.

El papel preparado al citrato de hierro queda seco á los diez ó quince minutos y en disposición de utilizarle para sacar copias, las cuales se obtienen á los cuatro minutos de exposición al sol. Después se lavan en agua clara durante dos minutos en invierno y uno en verano, pasando inmediatamente á un baño compuesto de:

Agua.	200	gramos.
Hiposulfito de sosa. . .	2	»
Sulfito de sosa	1	»

donde permanecerán las copias de dos á cuatro minutos, en cuyo tiempo se entona el fondo apareciendo al mismo tiempo el blanco puro de las líneas. Después se lavan en varias aguas durante cinco minutos y se secan entre hojas de papel secante, y ya completamente secas, aparece en su mayor intensidad el tono sepia propio del papel citrato de hierro. Conviene tratar las copias una á una y renovar el baño con frecuencia.

Merced á la intensidad que se obtiene en los fondos obscuros y á la limpieza de las líneas claras, con una buena copia en papel delgado se pueden obtener de ella excelentes

pruebas positivas, en las que aparecen las líneas de color sepia y los fondos completamente blancos. Esta operación, que consiste en invertir los efectos del claro, obscuro, no puede hacerse en buenas condiciones con el papel ferro-prusiato á causa de la escasa opacidad que el color azul del fondo opone al paso de la luz.

120. Preparación del papel al galato de hierro.—Se coloca sobre un tablero nivelado sujeto con chinches una hoja de papel satinado de buena calidad, y con un pincel plano de pelo fino y tamaño apropiado se extiende con igualdad, alumbrándose con una bujía (1), una solución compuesta de:

Agua.	55	gramos.
Goma arábiga	5	»
Sulfato de hierro . . .	5	»
Ácido tartárico.	2	»
Cloruro de hierro. . . .	7,5	»
Cloruro de sodio	4,5	»

Se disuelve la goma arábiga en el agua previamente calentada y luego se le añaden los demás ingredientes sin esperar á que se enfríe, antes al contrario, manteniendo un calor próximo á la ebullición hasta que todo se haya disuelto; inmediatamente se filtra, se deja enfriar y ya puede extenderse sobre el papel, que deberá secarse en la obscuridad.

La exposición del papel al galato de hierro á la luz debe prolongarse hasta tanto que la parte no impresionada por ella se destaque bien claramente en amarillo limón sobre fondo blanco. Entonces se sumerge la copia, con la preparación hacia abajo, en un baño compuesto de un litro de agua y dos gramos de ácido gálico, donde permanecerá un minuto á lo sumo. Después se lava durante cinco minutos en dos ó tres aguas y se cuelga de una cuerda para que se seque.

(1) También puede usarse luz eléctrica envolviendo la bombilla en papel de seda amarillo ó verde.

Si momentos antes de sacar copias en papel al galato de hierro se frota por igual la superficie de éste con una muñeca de algodón impregnado de ácido gálico en polvo, quitando el excedente con un lienzo usado, entonces se puede suprimir el ácido gálico del baño; basta con uno de agua limpia cuya duración sea de 25 á 30 segundos. El papel así preparado es similar del foto-tipo.

En el caso de que los fondos blancos de las copias resultasen teñidos de color violáceo, pueden blanquearse metiendo las copias en un baño compuesto de dos gramos de ácido oxálico en un litro de agua, teniéndolas en él el tiempo justo, puesto que si se prolongara la acción del ácido se extendería de manera visible al dibujo.

121. Cristalotipia.—Con esta denominación se distinguen los procedimientos que conducen á obtener copias en papeles fotográficos de dibujos tipos, hechos sobre cristal por medios diversos.

De dos modos se puede producir un dibujo sobre cristal: el uno consiste en preparar cualquiera de sus caras con una capa delgada, compacta, de color claro y lo más opaca posible. Por este medio se puede conseguir, raspando ó arañando la preparación con una punta dura, dibujos *negativos* cuya finura y efectos, transmitidos á las copias sacadas en papeles fotográficos, pueden competir con los del grabado, siempre que el dibujante sepa sacar el mejor partido de los recursos con que el procedimiento le brinda.

Para la preparación del cristal, se deslíe en agua blanco de plata del que se emplea en acuarela, hasta que el líquido resultante adquiera cierta densidad parecida á la de jarabe.

Entonces con un pincel plano se extiende sobre el cristal la cantidad de blanco (1) suficiente para cubrir por igual toda la superficie. La operación de extender é igualar el blan-

(1) A fin de aumentar la opacidad de la preparación, se le puede mezclar una pequeña cantidad de siena, de amarillo cromo ó de tinta de China.

co debe hacerse en poco tiempo y con mucho tino, procurando obtener una capa uniforme y lo suficiente opaca para conseguir blancos limpios en las pruebas ó copias positivas. Después se golpea suavemente dicha capa con una bola de algodón envuelta en un lienzo de batista usado, recorriendo toda la superficie antes de que empiece á secarse; queda así la preparación igualada, compacta y semejante por su aspecto al cristal esmerilado.

Cuando se haya secado la preparación, se calcará sobre ella el asunto que haya de grabarse (**103**) y se procederá á la sencilla operación de raspar descubriendo la superficie del cristal en aquellos sitios donde haya que obtener obscuros y medias tintas, quitando la preparación por medio de una punta de acero, hueso ó madera que se maneja como una pluma de dibujar cualquiera.

Para conseguir variados efectos en esta labor, conviene tener á mano una aguja de acero con punta fina, un palillo de hueso ó de boj con la punta afilada y un raspador de dos filos que puede muy bien suplirse con una pluma de vacunar.

Con estos adminículos montados, el último en un portaplumas y los dos primeros en sus mangos respectivos del largo y grueso de un lápiz, se pueden hacer excelentes y primorosos dibujos que luego se traducen en fieles copias positivas, sacadas con los papeles al citrato de hierro ó ferro-prusiato procediendo según se explica en otro lugar (**114** y **115**).

Las correcciones pueden hacerse cubriendo con toques de blanco la parte defectuosa que haya de rehacerse, empleando en esta operación un pincel fino; después de seco el retoque se procederá á restaurar la parte borrada.

Concluído el dibujo negativo, se obtienen efectos de claro intenso, tocando en determinados sitios con el pincel de retocar impregnado de blanco. Mediante estos toques se obtendrán en las copias claros tanto más puros cuanto más cuerpo se dé á la preparación del blanco de plata.

Por último, ha de tenerse en cuenta, al hacer el dibujo, que las copias saldrán invertidas respecto del original, y si acompaña algún letrero, correrá la misma suerte. En este caso se escribirá el letrero al revés para que luego en las copias resulte al derecho.

122. Para operar con arreglo al otro modo de proceder en cristalotipia, no se necesita ninguna preparación sobre el cristal; basta con que éste tenga deslustrada una de sus caras. Sobre ésta, que presenta un graneado más ó menos fino y uniforme, se dibuja, como pudiera dibujarse en una piedra litográfica, empleando para ello un lápiz negro, suave y pastoso muy parecido al litográfico, el cual, clasificado según el grado de menor á mayor dureza se encuentra en el comercio con la marca «The negro pencil» (**6**).

El dibujo hecho por este procedimiento puede tener el aspecto de las bellas litografías que tanto se distinguían en sus mejores tiempos (segunda mitad del siglo pasado) por la finura y variedad en las medias tintas contrastando con luces y obscuros; pero el cristal así dibujado no sirve para sacar de él copias, por la sencilla razón de que daría copias *negativas*. De aquí la necesidad de producir una buena negativa también en cristal, de donde se pueden obtener, en papeles fotográficos, copias positivas idénticas al original.

Esta negativa se consigue impresionando una placa preparada al cloro-bromuro de plata, puesta en contacto con el dibujo original, y revelándola, procediendo en estas operaciones de la misma manera que se explica en el n.° **90** para el caso en que se trata de conseguir positivas para la linterna de proyección.

La manera expuesta de obtener negativas impresionando placas al cloro-bromuro de plata, puede también explotarse con éxito satisfactorio y seguro haciendo el dibujo original con pluma y tiralíneas sobre un cristal preparado á la goma. (**65**). Las copias en papeles ferro-prusiato y citrato de hierro

que se obtienen en este caso, rivalizan por su fidelidad con los buenos fotograbados impresos en tinta grasa. Claro está que el resultado dependerá, en último término, de la bondad del dibujo hecho ó que pueda hacerse sobre el cristal, dibujo en cuya factura no encontrará grandes dificultades quien está acostumbrado al manejo de la pluma y del tiralíneas en el papel y se atenga á las siguientes prescripciones:

Cuando se necesite calcar el dibujo, se hará directamente sobre el cristal con pluma y tinta de China al trasluz, (**105**) procurando que la tinta sea lo más densa posible.

Cuando no haya necesidad de calcar, para verificar el dibujo sin recurrir á este medio, se interpondrá una hoja de papel blanco de seda entre el cristal que ha de contener el dibujo y la luna del aparato de calcar descrito en el n.° **105**. De este modo, recibiendo el cristal la luz por debajo, se evita la confusión que producen las sombras proyectadas por las líneas y trazos del dibujo sobre el papel blanco, que servirá de viso en el caso contrario de recibir la luz por encima.

Cuando haya de usarse el compás para describir circunferencias será conveniente reforzar con el barniz de goma el centro donde haya de apoyarse la aguja del compás, para que no resbale. Puede prescindirse del refuerzo cuando el compás que se emplea sea de los llamados de bomba, (**38**).

Las correcciones se hacen raspando la tinta juntamente con el barniz y reponiendo éste con un pincel donde sea necesario. Después de seco, se puede dibujar sin inconveniente sobre la parte retocada.

123. Además de los procedimientos descritos para obtener copias de dibujos, existen otros menos usados pero que pueden en circunstancias especiales substituirles con ventaja.

Puede ocurrir el caso de necesitar copias de proyectos en aquellos días obscuros de invierno en los que la acción de la luz sobre los papeles fotográficos es tan débil, que el resulta-

do obtenido en una hora de exposición equivale al que se consigue en un minuto en los espléndidos y claros días del estío. Entonces, cuando las circunstancias apremian y la luz falta, puede echarse mano del *hectógrafo* ó del *autocopista.*

124. Reproducciones por medio del hectógrafo ó velógrafo.—Con cualquiera de estos nombres se conoce un aparato que sirve para obtener copias de dibujos ó escritos en muy breve tiempo. Consiste el aparato en una cubeta de zinc cuya altura no pasa de un centímetro, llena de pasta gelatinosa, acomodándose las dimensiones de ancho y largo á las del escrito ó dibujo que se trata de reproducir.

Para servirse del hectógrafo, se trazará con tinta especial el dibujo en una hoja de papel continuo satinado y de alguna consistencia; de manera que las líneas, trazadas con tinta violeta al principio, aparezcan después de secas y miradas por reflexión de color verde purpurina (1).

El dibujo así dispuesto, se coloca en contacto con la pasta gelatinosa, y se pasa la mano por el dorso repetidas veces para asegurar su adherencia oprimiendo el papel contra la pasta moderadamente y por igual, evitando se interponga aire entre la pasta y el papel. Esta operación debe durar tres ó cuatro minutos, pasados los cuales se levantará despacio y se verá cómo el dibujo ó escrito ha pasado á la pasta del hectógrafo.

Inmediatamente se coloca sobre la pasta la hoja de papel donde se ha de imprimir la copia, y después de pasar ligeramente la mano por el dorso de ella, se despegará despacio consiguiendo así la primera prueba. Esta operación se repetirá con cada una de las pruebas que se vayan obteniendo, empleando la mayor rapidez en la tirada de las primeras y

(1) Es tan esencial fijarse en el color verde purpurina de las líneas ó trazos, que si en alguna falta este requisito, convendrá retocarla, ó de lo contrario exponerse á que dicha línea carezca de vigor en las copias ó concluya por desaparecer prematuramente.

dando algún tiempo á la impresión de las últimas á medida que la tinta depositada en la pasta va ya debilitándose al repartirse en las pruebas (1).

Durante la impresión, si el papel de las pruebas no es de buena calidad, suelen pegarse á la pasta pequeñas partículas de él, dificultando la impresión. En este caso, se pasará una esponja fina ligeramente humedecida en agua por la superficie de la pasta hasta que desaparezcan las motas adheridas.

Tanto en la colocación del original sobre la pasta del hectógrafo, como en la de las pruebas, se recomienda el mayor cuidado. Esta colocación debe hacerse de una vez, porque si se anda moviendo el papel, las pruebas saldrán repintadas, siendo más de lamentar las consecuencias, si el percance ocurre con el original al trasladarle sobre la pasta de gelatina.

Cuando la intensidad de las líneas del dibujo va decayendo (esto sucede en las últimas pruebas) se pueden reanimar algún tanto, pasando una esponja por la pasta, ligeramente humedecida en agua; pero á este medio no debe recurrirse más que en las últimas pruebas, cuando el poder difusivo de la tinta comienza á debilitarse.

Concluída la tirada, se borra el dibujo pasando repetidas veces una esponja impregnada en agua un poco caliente. Hay quien prefiere fundir la pasta, y no le falta razón para ello, puesto que ésta no llega á saturarse de tinta de manera que se pueda notar en las copias hasta la duodécima fundición.

Por otra parte, la desaparición de los dibujos por medio de repetidos lavados, se hace á espensas de la pasta, que va mermándose sucesivamente hasta que sólo queda una capa delgada y desigual cuando se ha repetido 10 ó 12 veces la

(1) La cualidad reproductiva del hectógrafo, se ha exagerado extraordinariamente. De su nombre parece deducirse que se pueden sacar 100 copias; pero es el caso, que de dichas cien copias solamente resultan aceptables las 25 ó 30 primeras. De éstas en adelante, los trazos van perdiendo intensidad y pureza, hasta agotarse antes de llegar á los 100 ejemplares.

enojosa operación de borrar por medio de la esponja y el agua caliente (1).

El hectógrafo sólo debe emplearse para trabajos del momento que no hayan de conservarse por tiempo indefinido; pues ha de tenerse en cuenta que la acción de la luz concluye por borrar las copias á causa de que la tinta de anilina que se emplea en los dibujos del hectógrafo se debilita notablemente por dicha acción.

125. Preparación de la pasta para el hectógrafo.— Esta pasta, lo mismo que la tinta de anilina, se venden en el comercio de artículos de dibujo; pero ofrece más ventajas el que uno mismo se la prepare, habiendo tiempo y medios para ello, á cuyo efecto tendrá preparada una caja de zinc que mida 34 centímetros de larga por 26 de ancha y un centímetro de alta (2) y la colocará perfectamente nivelada sobre un tablero. Aparte se dispondrá la pasta gelatinosa, con arreglo á la siguiente fórmula:

Gelatina de Coignet . .	100	gramos.
Agua.	375	»
Glicerina á 30°	375	»
Kaolín	50	»

Se corta la gelatina en pedacitos y se pone á remojar en el agua por espacio de una hora; después se funde á un calor suave, se le añade la glicerina y por último el kaolín, que previamente se habrá mezclado con un poco de agua para que forme papilla. Se revuelve la mezcla con una espátula de madera durante unos minutos, se aparta del calor y antes de que se enfríe se vierte en la caja poco á poco, evitando la formación de burbujas de aire.

(1) En el comercio se encuentran hojas de papel pergamino cubiertas de pasta gelatinosa semejante á la que se indica en la segunda fórmula (v. pág. 191), las cuales se fijan en un tablero apropiado y substituyen al hectógrafo sin más que humedecerlas con agua cada vez que hayan de usarse. Sin necesidad de borrar el dibujo, puede servir cada una de ellas cuatro ó seis veces.

(2) Estas medidas están en relación con el volumen aproximado de la pasta que se necesita para llenar la caja. En el caso de necesitarse una caja mayor, podría hacerse el cálculo sobre esta base.

Si, por defecto de la nivelación, la pasta se corriera á un lado amenazando rebasar el borde de la caja, se calzará por aquel lado metiendo debajo uno ó varios pedacitos de cartón ó cuñas de madera, que se tendrán preparadas, hasta que el nivel de la pasta enrase con los cuatro bordes de la caja.

Sin pérdida de tiempo debe procederse á retirar hacia los bordes de la caja todas las burbujas de aire ó núcleos de espuma que vayan apareciendo en la superficie, operación que debe hacerse cuando la pasta está caliente valiéndose de una paja ó de un mondadientes.

Después de fría la pasta y antes de servirse del aparato, se lavará superficialmente con agua de jabón, enjugando el exceso con una esponja fina.

Cuando el hectógrafo deja de usarse por algún tiempo, pierde el agua por evaporación, con lo cual la pasta merma y se endurece. Para regenerarla se vierte en la caja una solución compuesta de agua y glicerina en partes iguales y se deja durante algunas horas, hasta que haya penetrado en la pasta. Cuando la pasta está suficientemente saturada, se enjuga con la esponja el exceso de líquido que no ha podido absorber, y entonces ya se puede usar.

Empleando la siguiente fórmula, se consigue una pasta muy aceptable que, sin duda por la carencia de agua, tarda más tiempo en secarse, comparada con la anterior:

Gelatina Coignet . . .	100	gramos.
Dextrina.	100	»
Glicerina	100	»
Kaolín	400	»

126. **Tinta para el hectógrafo.**—Factor de la mayor importancia, que contribuye al éxito en los resultados de este procedimiento de reproducción, es la tinta compuesta de anilina, la cual, colocada en un medio húmedo y consistente tal como la pasta gelatinosa del hectógrafo, resulta sumamente comunicativa.

Se encuentran anilinas de varios colores incluso negra; pero ninguna de ellas posee la potencia difusiva en tan alto grado como la de color violeta; por eso es la tinta que prefieren los que utilizan el hectógrafo.

He aquí una fórmula excelente para hacer tinta violeta:

Anilina violeta cristalizada .	3	gramos.
Alcohol de 90°.	3	»
Agua	21	»
Goma arábiga.	1	»

Se disuelve la anilina en el alcohol y la goma en el agua. Después se mezclan las dos soluciones y queda la tinta en disposición de usarse.

Otra tinta, negra, aunque inferior en sus resultados á la compuesta con anilina violeta, se obtiene con esta fórmula:

Alcohol	5	gramos.
Agua.	50	»
Anilina negra	10	»

127. Reproducciones por el autocopista (1).—Con este aparato se obtienen copias de dibujos y escritos, impresos en negro con tinta grasa. El procedimiento, para el que no está familiarizado con el manejo del rodillo y de la tinta de imprimir, resulta de alguna complicación en la práctica, pero vencidas estas dificultades, el autocopista es insubstituible como instrumento de reproducción.

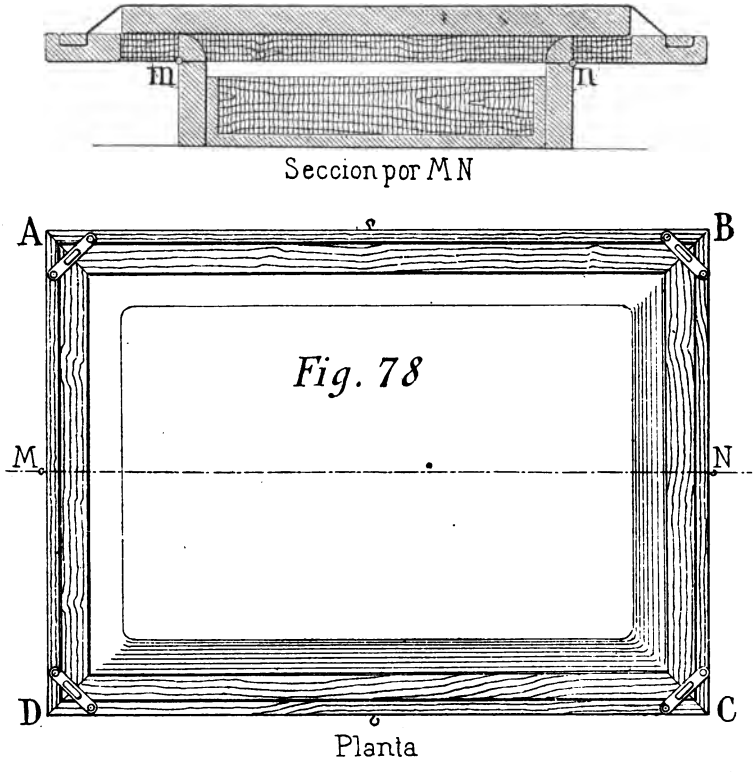
Se compone el autocopista (fig. 78) de un bastidor-soporte de madera, en el que se atiranta por medio de un tablero un papel pergamino cubierto de preparación glicero-gelatinosa sobre la cual se transporta el dibujo hecho en papel corriente y usando tinta especial.

Al aparato acompañan un rollo de papel pergamino cubierto por una de sus caras con la preparación antes indicada, un pequeño frasco de tinta para dibujar, un tubo de

(1) Con el nombre de «L'Autocopiste noir», se conoce en España desde 1885.

tinta litográfica negra preparada con la consistencia necesaria para imprimir, y un rodillo de pasta dispuesto para entintar á mano el dibujo después de transportado sobre el papel pergamino.

Para servirse del aparato, suponiendo el dibujo ya hecho, se corta un trozo del rollo del papel preparado, al tamaño



del cuadrilátero *A B C D*, que se pondrá á remojar en agua durante 15 minutos. En este tiempo se prepara la tinta de imprimir y el rodillo, operación que consiste en tomar del tubo un poco de tinta del tamaño de un guisante, extenderla sobre una losa de mármol con una espátula de acero y batirla con el rodillo en todas direcciones hasta que resulte igual-

mente repartida la capa de tinta en la superficie de la piedra. Entonces, se saca el marco que se halla embutido en el bastidor, se coloca el tablero en su sitio con el hule encima, y por último el papel con la preparación hacia arriba cubriendo por igual el bastidor. Sin perder tiempo se encaja el bastidor en la ranura que ocupaba, de modo que el papel quede cogido y sujeto todo alrededor, abrochando para mayor seguridad las aldabillas de los ángulos *A B C D* y colocando los pasadores que hay en los puntos medios de los lados. Después se hacen girar sobre sus bisagras respectivas dos listones *m n* que se hallan situados debajo del tablero estirador; los cuales al verificar el giro empujan hacia arriba dicho tablero y éste á su vez al papel, cuya superficie entonces queda perfectamente lisa, saliente y tirante tal como se representa en la figura 78.

Dispuesto el autocopista según queda indicado, se repasará la superficie preparada del papel, golpeando suave y verticalmente con un lienzo usado y fino que absorbe el exceso de humedad allí donde lo hubiere, y acto seguido se hará el transporte del dibujo sobre la preparación gelatinosa con los mismos cuidados que si se tratara del transporte sobre el hectógrafo (**118**). Un minuto ó minuto y medio se invierte en la operación, pasando durante este tiempo la palma de la mano, ejerciendo moderada presión, por el dorso del dibujo, que de este modo pasa ó se adhiere á la preparación del papel pergamino.

Levantado con precaución el papel que contiene el original, para que la pasta no se deteriore, se procederá al entintado pasando el rodillo por encima del dibujo las veces que sea necesario, batiéndole alguna vez sobre el tintero ó losa de mármol para mantener igualmente distribuída la capa de tinta.

Según que esta operación se haga con relativa calma ó con excesiva precipitación, así corresponderán los resultados: en el primer caso, las líneas del dibujo van cargándose

de tinta, y en el segundo suele suceder todo lo contrario. El éxito en esta operación depende de la práctica prudencial y del uso que se haga de la experiencia que puedan adquirir los principiantes en este ejercicio manual.

Con una esponja fina, humedecida en agua salada al 2 °/₀, se limpiarán las manchas ó veladuras que pudiera dejar el rodillo en los márgenes del dibujo ó en los grandes blancos del fondo; después se saca la primera prueba en papel satinado, sin más que poner éste en contacto con el dibujo, pasando por el dorso la mano con ligera presión y levantando la prueba despacio, comenzando por uno de sus ángulos.

De igual manera se obtendrán las demás pruebas que siguen á la primera, teniendo cuidado de pasar ligeramente la esponja humedecida en agua salada (1) cada vez que se saque una prueba, para evitar manchas ó veladuras en los fondos blancos. Como se ve, las operaciones á que se somete el autocopista para la impresión de pruebas son idénticas á las que con el mismo objeto se somete la piedra litográfica, sin otra diferencia que la que resulta de sacar á mano, sin intervención de prensa, las pruebas en el autocopista.

Como aparato de reproducción, el autocopista es superior al hectógrafo, no solamente en la calidad sino en la cantidad de las pruebas que puede rendir. Una tirada bien conducida, llega á 500 ejemplares en condiciones aceptables.

128. Impresiones fototípicas por medio del autocopista.—Para utilizar este aparato en la reproducción fototípica, ya sea de dibujos, ya de objetos tomados del natural, se necesita sensibilizar el papel pergamino gelatinoso y disponer, para la tirada de pruebas que no pasen de 18 × 24 centímetros, de una prensa de copiar cartas de las que se usan en oficinas del comercio; y para las que excedan de dicho ta-

(1) En invierno puede humedecerse la pasta del dibujo con agua sola.

maño habrá de emplearse por necesidad una prensa sistema Alauzet.

Las demás operaciones son sencillas. Para sensibilizar el papel gelatinoso, después de cortado al tamaño conveniente se pone á remojo durante 10 minutos en un baño de bicromato potásico al 2 por 100 (1). Después de escurrido se colocará en la obscuridad hasta que se seque, de manera que la cara preparada descanse sobre un cristal plano sin que se interpongan burbujas de aire. Una vez seco el papel, se expone en la prensa á la luz debajo de una negativa. La exposición se verificará á la luz difusa y durará hasta que la imagen se destaque en sus menores detalles sobre el fondo amarillo claro de la preparación: en caso de duda, un pequeño exceso de exposición á la luz es preferible á una impresión deficiente por falta de tiempo. Hecho esto, se retira la negativa y, dando vuelta al papel pergamino, se coloca la cara desprovista de preparación en contacto con la luna de la prensa, exponiéndole á la luz hasta que la imagen que al principio se veía por transparencia vaya perdiéndose tras del velo color sepia que va tomando la cara posterior del papel. En esta parte de la operación, que tiene por objeto hacer impermeable la gelatina para evitar su desprendimiento del papel, se invertirán veinte ó treinta minutos. Entonces se lava la hoja de papel pergamino, durante tres ó cuatro horas, en agua fresca que deberá renovarse cada cuarto de hora, hasta que habiendo soltado el último resto de bicromato, resulte completamente blanca y transparente; luego se deja secar en sitio donde no haya polvo, sujetándola á un tablero con chinches para impedir el que rolle.

Cuando hayan de sacarse pruebas, se remojará el papel pergamino en agua durante 15 ó 20 minutos, se enjugará el exceso con papel secante y se fijará sobre el tablero estira-

(1) El bicromato es un veneno activo que obra por ingestión y por absorción debe, por tanto, evitarse en estas manipulaciones el contacto con soluciones de esta naturaleza por débiles que parezcan, muy especialmente cuando en las manos hay grietas ó arañazos. En todo caso lo prudente es usar guantes de caucho.

dor del autocopista. En seguida se cubrirá la superficie preparada, con una capa de glicerina que después de una media hora se quitará con la esponja reemplazándola por una solución compuesta de:

Agua	50 centímetros cúbicos.
Glicerina.	100 gramos.
Amoníaco	5 »

que también permanecerá durante otra media hora, pasada la cual se procederá á quitar el exceso de líquido con un tampón hecho de lienzo usado y limpio, con el que se recorrerá la superficie preparada dando golpecitos hasta que se haya enjugado toda la humedad, al menos en apariencia: entonces ya está dispuesta la preparación de gelatina para recibir la tinta de impresión propia del autocopista. Pero se obtienen mejores resultados empleando un segundo rodillo, que se pasará ligeramente después de impregnado en tinta más flúida compuesta de la misma tinta de impresión del autocopista (tinta litográfica) desleída con un poco de barniz flojo. La intervención de este segundo rodillo con tinta flúida tiene por objeto acusar las medias tintas que no aparecen en el primer entintado, las cuales dan á la prueba todo el aspecto de la fotografía.

Generalmente las primeras pruebas son defectuosas, pero después, á medida que la tirada avanza, van mejorando, hasta el punto de que un aficionado cuidadoso y observador, con atención y sin precipitaciones, puede obtener pruebas fototípicas de un resultado armónico insuperable.

Los procedimientos de cristalotipia combinados, ó mejor dicho adaptados á los fines y funcionamiento del autocopista dan resultados por demás agradables y sorprendentes. Su adaptación no ofrece dificultades, desde el momento que se puede disponer de una negativa en cristal, con la cual se pue-

de impresionar una hoja de papel pergamino cubierto de gelatina previamente sensibilizado en un baño de bicromato potásico al 2 por 100, y que, después de sometido á las operaciones arriba indicadas (1), se coloca en el aparato en disposición de dar principio á la tirada de ejemplares.

(1) Cuando el dibujo que ha de reproducirse es de línea, y por tanto carece de medias tintas, la tirada de ejemplares deberá hacerse con arreglo á las instrucciones expuestas en el n.° 123.

ÍNDICE

Págs.

CAP. I.—*Instrumentos y enseres más usuales* 1

Lápiz de grafito, 1.—Lápiz compuesto, 5.—Carboncillo, 6.—Fijadores, 7.—Goma para borrar trazados de lápiz, 10.—Goma para borrar trazados de tinta, 10.—Papeles propios para dibujar, 11.—Papel para delineación en tinta, 12.—Papeles para acuarela ó lavado, 12.—Papeles para dibujar al lápiz y al carbón, 13.—Tablero para dibujar, 13.—Pegado del papel sobre el tablero, 17.—Regla, cartabón y escuadra, 18.—Plantillas para trazar curvas, 25.—Tinta de China, 27.—Preparación de la tinta para dibujar, 28.—Tiralíneas, 30.—Conservación y arreglo del tiralíneas, 31.—Pluma para dibujar, 32.—Dibujo litográfico á pluma, 34.—Pluma litográfica, 35.

CAP. II.—*Instrumentos de medida y trazado*. 39

Compás, 39.—Compás de puntas fijas, 39.—Compás de piezas, 40.—Bigotera, 45.—Compás de vara, 45.—Compás de espesores ó calibrador, 47.—Transportador, 51.—Compás para trazar elipses, 52.—Aparato para rayar, 56.—Aparato para trazar paralelas proporcionales, 58.

CAP. III.—*Instrumentos que pueden utilizarse en la copia, reducción y ampliación de dibujos* 61

Doble decímetro, 61.—Escalas, 62.—Compás de reducción, 66.—Pantógrafo, 72.—Descripción del pantógrafo de Gavard, 74.—Colocación del pantógrafo en disposición de funcionar, 76.—Verificaciones y correcciones, 78.—Determinación de una escala que no conste en las divisiones del pantógrafo, 79.—Pantógrafo decimal, 81.—Pantógrafo de Coradi, 84.—Colocación del pantógrafo en disposición de funcionar, 88.—Hyalógrafo, 92.—Cuadrícula perspectiva, 97.—Diágrafo, 98.—Perspectartígrafo, 100.—Cámara lúcida, 103.—Hemerógrafo, 112.

CAP IV.—*Aparatos fotográficos y de proyección*. 115

Cámara obscura, 115.—Linterna de proyección, 125.—Megascopio, 144. Epidascopio, 148.

Págs.

CAP. V.—*Material que se emplea en el lavado ó acuarela* 152

Pincel, 152.—Esponja, 154.—Platillos, 155.—Colores preparados á la acuarela, 156.—Nociones acerca de la teoría del color, 158.—Tintas convencionales, 162.

CAP. VI.—*Procedimientos de reproducción gráfica* 166

Calco por medio de papel transparente, 166.—Calcado al trasluz, 170. —Calco en papel-tela, 170.—Reproducción heliográfica, 175.—Reproducción con papel ferro-prusiato, 177.—Reproducción con papel al citrato de hierro, 178.—Reproducción con papel foto-tipo, 179.—Reproducción con papel al galato de hierro, 180.—Preparación del papel al galato de hierro, 183.—Cristalotipia, 184.—Reproducciones por medio del hectógrafo ó velógrafo, 188.—Preparación de la pasta para el hectógrafo, 190.—Tinta para el hectógrafo, 191.—Reproducciones por el autocopista, 192.—Impresiones fototípicas por medio del autocopista, 195.

« GUSTAVO GILI, Editor. - Universidad, 45. - BARCELONA

Obra indispensable á los dibujantes, á los decoradores, á los delineantes y á los modelistas

Manual de dibujo geométrico é industrial

POR

A. ANTILLI

Profesor de la Real Escuela Militar de Módena

TRADUCIDO DE LA TERCERA EDICIÓN ITALIANA Y CONSIDERABLEMENTE AUMENTADO

por D. ANTONIO LLORENS

Licenciado en Ciencias

Un volumen en 8.° mayor, de 156 páginas, con dos láminas y 132 grabados.

La aplicación de la Geometría al dibujo es cada día más necesaria. Las artes mecánicas, la construcción, las industrias de toda clase emplean cuerpos de formas geométricas, y el antiguo dibujante, que á pulso representaba los objetos, va cediendo su lugar al dibujante-geómetra, que conociendo las propiedades de las figuras, diseña aquellos objetos con la exactitud que las artes útiles reclaman.

Desgraciadamente, no es dable á la mayoría de los dibujantes profundizar en la Ciencia geométrica. Les es, sí, necesario conocer sus reglas, familiarizarse con ellas y saber aplicarlas sin vacilación alguna. He aquí lo que ha resuelto con su libro el profesor Antilli: poner en manos del dibujante un tomito de conocimientos geométricos sencillos, categóricos y prácticos, para que en cada problema sepa encontrar la solución por el camino más corto y más seguro.

Comprende este libro, además de las reglas geométricas para resolver los problemas más usuales, un extenso capítulo sobre las escalas, reducciones y ampliaciones de dibujos, un tratado completo acerca los adornos geométricos, en que se exponen las reglas del dibujo industrial y del dibujo de catálogos. Las figuras y las láminas fuera del texto, en número total de 130, forman una excelente colección de modelos á copiar.

LA FOTOGRAFÍA

MANUAL PARA AFICIONADOS

POR EL

Dr. J. Muffone

Obra premiada en la Exposición Internacional de Fotografía de Florencia

VERSIÓN DE LA SEXTA EDICIÓN ITALIANA

por D. MIGUEL DOMENGE, Ingeniero

Un hermoso volumen de 428 páginas en 8.° mayor, tirado en papel couché é ilustrado con 284 grabados.

«Enseñar deleitando» es el fin que se ha propuesto el Dr. Muffone al escribir el hermoso libro cuya versión ofrecemos al público. Fotógrafo consumado, al mismo tiempo que escritor de gran mérito, el Dr. Muffone ha conseguido reunir en su obra la explicación concienzuda y detallada de los procedimientos fotográficos modernos juntamente con el sentimiento estético del arte y de su ejercicio; en ella encontrará el lector cuantos datos puedan convenirle para vencer con seguridad las dificultades de la práctica fotográfica, al propio tiempo que le sugerirá nuevos puntos de vista para la elección artística de los temas.

Escritò principalmente para los aficionados, este libro será para ellos el mejor compañero en sus excursiones; la amenidad del texto, que hace su lectura agradable, disimula entre anécdotas y bellezas literarias el sinnúmero de fórmulas que en él se contienen, y la abundancia de grabados, en su mayoría reproducción de paisajes, monumentos y obras de arte, hacen de él el libro más apropiado, no sólo para uso de los aficionados á quienes se dedica, sino para instrucción y recreo de la juventud en general.

Principios y problemas de Geometría

Obra escrita para los artesanos y para los alumnos de las Escuelas primarias

POR EL

Dr. Eduardo Fontseré

Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona

Un elegante tomo cartoné, de 180 páginas con 263 grabados.

Siendo el objeto de estos **Principios y Problemas** *eminentemente práctico,* pero al propio tiempo educativo, el lector encuentra en el desarrollo de la obra medio de familiarizarse con las figuras geométricas y de resolver las dificultades que acerca de ellas puedan presentársele.

A la Geometría propiamente dicha se han añadido en este libro tres apéndices de utilidad general: uno sobre *Topografía*, explicando detalladamente los métodos elementales de medición de terrenos, levantamiento de planos y nivelación; otro acerca del *Dibujo lineal,* en que se dan reglas para el trazado y la copia de dibujos, manejo de los enseres correspondientes y construcción de varias figuras de aplicación en las artes; y el tercero abarca las primeras nociones de la *Geometría descriptiva,* suficientes para la resolución sobre el dibujo de algunos problemas elementales referentes á las figuras del espacio.

EL LIBRO DEL MAESTRO

PARA LA

ENSEÑANZA DEL DIBUJO

250 lecciones modelos, ocho de ellas en color

POR

Abel Chanzel y J. Azaïs

VERSIÓN CASTELLANA DE LA 3.ª EDICIÓN FRANCESA, POR

D. MIGUEL DE TORO Y GÓMEZ

Un tomo en 4.°, de 271 páginas, elegantemente encuadernado.

El método, en la enseñanza del dibujo, es una condición esencial para el éxito. Y los Sres. Chanzel y Azaïs han tenido el innegable mérito de idear un procedimiento pedagógico sencillo, graduado y seguro, gracias al cual todo maestro puede enseñar á sus discípulos el arte del dibujo y del colorido, y los alumnos pueden á su vez progresar rápidamente desde los primeros rudimentos hasta la copia del natural. Cada una de las 250 láminas es objeto de una explicación detallada, que constituye una verdadera lección de curso.

Para las familias no es menos útil este libro que para las escuelas, constituyendo un gran auxiliar de la educación doméstica.

Éxito extraordinario — TERCERA EDICIÓN DE **100.000 ejemplares** CORREGIDA Y AUMENTADA — **Enseñanza gráfica**

Lecciones de cosas en 650 grabados

POR **G. COLOMB,** *Doctor en Ciencias*

Un volumen en 4.°, encuadernado.

Los conocimientos suministrados en el libro forman una vasta enciclopedia de indudables encantos para el niño, inspirada en la utilidad y en el deleite y con elementos suficientes á desarrollar la memoria, el raciocinio y el gusto artístico, y presentada en forma que excita la más viva curiosidad.

Manual práctico del Montador Electricista, guía para el montaje y dirección de toda clase de instalaciones eléctricas, curso de electricidad industrial práctica, por J. LAFFARGUE, *Profesor é Ingeniero electricista;* versión castellana, hecha sobre la 7.ª edición francesa, por el DR. MOISÉS NACENTE, *Catedrático de Electricidad.*—Obra indispensable á los electricistas, la más completa en su género. Premiada con suscripciones de los Ministerios de Correos y Telégrafos, de Comercio é Industria de Francia, del Municipio de París, etc., etc.—Un magnífico volumen de 970 páginas en 4.°, ilustrado con 690 grabados, y ricamente encuadernado en piel flexible.

Tratado elemental de Mecánica aplicada, por el *Ingeniero* J. A. BOCQUET. Versión de la quinta edición francesa, por el DR. EDUARDO FONTSERÉ, *Catedrático de Mecánica de la Universidad de Barcelona.* Segunda edición. Un volumen de 476 páginas en 8.° mayor, ilustrado con 178 grabados.

Química popular, por el DR. CASIMIRO BRUGUÉS, *Profesor de la Universidad de Barcelona*, con un prólogo del DR. JOSÉ CASARES. Un volumen de 476 páginas en 8.° mayor, ilustrado con 53 grabados.

Tratado de Cinemática, por el DR. EDUARDO FONTSERÉ, *Catedrático de Mecánica racional en la Universidad de Barcelona.*—Un magnífico volumen de 224 páginas en 4.° mayor, ilustrado con 160 grabados.

Manual de Química clínica, por el DR. RAFAEL SUPINO, *Ayudante de la Clínica médica general de Pisa*, traducción española, revisada y ampliada, por el DR. AUGUSTO PI SUÑER, *Catedrático de la Facultad de Medicina de Sevilla.* Un magnífico volumen en 8.° mayor, ilustrado con 21 grabados y 11 láminas fuera del texto.

Nuevo Diccionario enciclopédico ilustrado de la Lengua Castellana, por MIGUEL DE TORO Y GÓMEZ.—Un tomo en 8.° mayor, de 1036 páginas, encuadernado en tela.—Contiene: todas las voces que figuran en la 13.ª edición (1899) del de la Real Academia Española—más de 54,900 palabras—1,400 artículos enciclopédicos—840 grabados—8 mapas y láminas en color y 140 retratos.

Nuevo Diccionario Francés-Español y Español-Francés, por MIGUEL DE TORO Y GÓMEZ. Libro utilísimo; el más completo, más moderno y más barato de todos sus similares.—Un tomo en 8.° mayor, de 1179 páginas, encuadernado en tela.

Problemas de Electricidad, *Colección graduada extensiva á todas las ramas de la ciencia eléctrica*, por el Dr. Roberto Weber, *Catedrático de Física en la Facultad de Ciencias de Neuchatel.* Versión de la cuarta edición original por el Dr. Eduardo Fontseré, *Catedrático de la Universidad de Barcelona.* Un volumen de 404 páginas en 8.° mayor, con 60 grabados.

Compendio de electricidad práctica, por el Prof. H. Schoentjes, *Catedrático de la Universidad y de la Escuela Industrial de Gante.* Traducido de la tercera edición original por el Dr. Eduardo Fontseré, *Catedrático de la Universidad de Barcelona.* Un tomo de 256 páginas en 8.° mayor con 145 grabados.

Manual del Maquinista y Fogonero, escrito por el Profesor G. Gautero, y considerablemente aumentado por el Ingeniero L. Loria, *Profesor del Real Instituto técnico superior de Milán.* Versión de la décima edición italiana por D. Santiago de Tos, *Ingeniero industrial.* Un volumen en 8.° mayor de 184 páginas, con 41 grabados.

Motores de gas, de alcohol y de petróleo, por V. Calzavara. Traducido por el Dr. José Estalella. Un volumen de 470 páginas, con 159 grabados.

La electricidad al alcance de todos, por Jorge Claude, *Ingeniero de la Compañía Thomson-Houston.* Versión española por D. Santiago de Tos, *Ingeniero.* Un volumen de 382 páginas en 4.° mayor, con 197 grabados.

La educación musical, por Alberto Lavignac, *Profesor del Conservatorio de París.* Traducción hecha sobre la tercera edición francesa por Felipe Pedrell, *Profesor del Conservatorio de Madrid.* Segunda edición. Un volumen de 456 páginas en 8.° mayor.

Método de corte y armado *para la confección de vestidos de señora, trajes de niño, ajuares y canastillas,* por Mad. G. Scheffer, *Inspectora de las Escuelas de París.* Versión y adaptación de la vigésima edición francesa por Miguel de Toro y Gómez y Purificación Gisbert, *Profesora de corte.* Un volumen de 316 páginas en 8.° mayor, con 156 grabados y dos cuadros de conjunto.

YC 19736

440830

T375
C6

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY